DIE WUNDER DER STERNENWELT: EIN AUSFLUG IN DEN HIMMELSRAUM--

Otto Eduard Vincenz Ule,
Hermann Joseph Klein

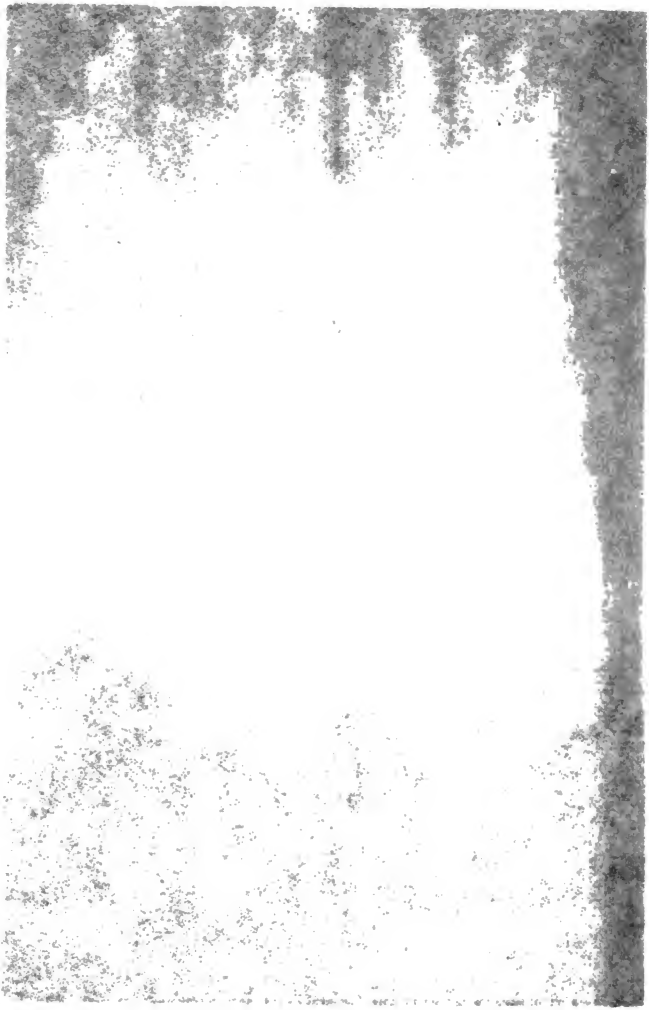


Wunder d. Sternenwelt 4. Aufl. Leipzig Verlag von Otto Spamer

DER DONATISCHE KOMET,

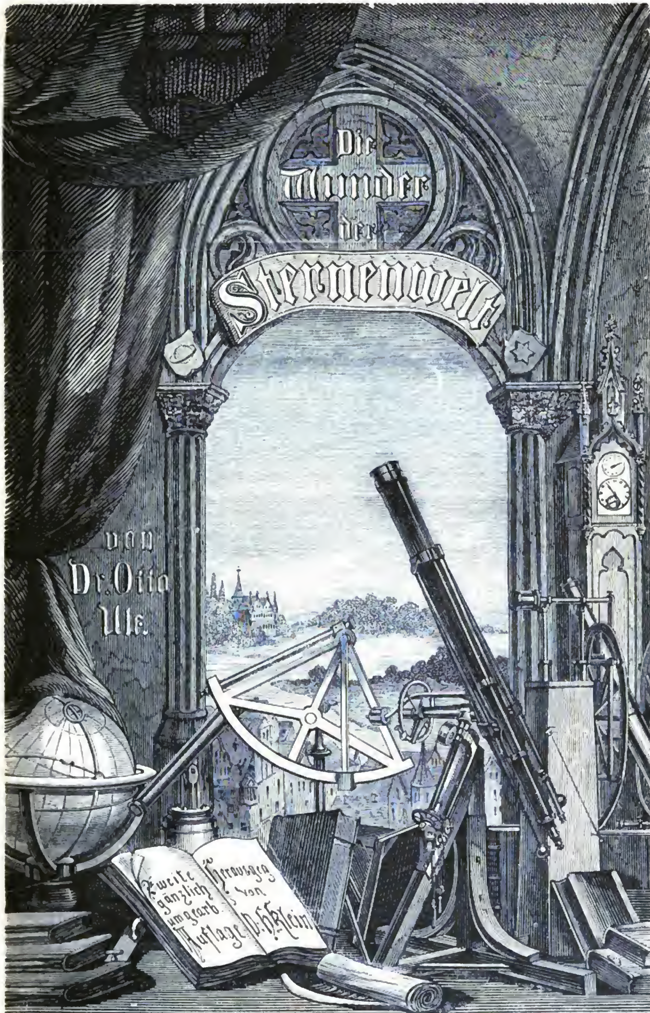
am 4. [illegible] nach G. P. Bond.





...ATISCHE KOMET,

Lith. u. Druck v. E. N. Strassberger, Leipzig



Leipzig: Verlag von Otto Spamer.

Die

Wunder der Sternenwelt.

Ein

Ausflug in den Himmelsraum.

Für die Gebildeten aller Stände und alle Freunde der Natur herausgegeben

von

Dr. Otto Ule.

Zweite, wesentlich vermehrte Auflage.

Nach dem neuesten Stande der Wissenschaft bearbeitet

von

Dr. Hermann J. Klein.

Mit 300 Text-Abbildungen, einem Frontispice, fünf Chromolithographien, zwei Tondrucktafeln und zwei Sternkarten.

Leipzig.
Verlag von Otto Spamer.

1877.

Pierer'sche Hofbuchdruckerei. Stephan Geibel & Co. in Altenburg.

Aus dem

Vorwort zur ersten Auflage.

Das Denken ist mehr werth als das Gedachte! Nicht die Resultate der Wissenschaft sind es, welche die wahre Volksbildung bedingen; es gehört dazu noch mehr die Erkenntniß der Wege, auf denen sie erreicht sind. Die Resultate dringen von selbst in das Volk ein. Daß man von dem Bau des Himmels, von der Ordnung und dem Dasein der Gestirne, von den Entdeckungen der Astronomen erfährt, dafür sorgen Schule und Zeitungen. Aber die Vermittelung kommt nicht von selbst. Den Zahlen, Maßen und Gesetzen des Weltgebäudes fehlt der begründende Boden der Erkenntniß; man glaubt an die feinen Beobachtungen und scharfsinnigen Rechnungen der Astronomen, aber man begreift sie nicht.

Der Mensch ist ein Ganzes. Auch das Gefühl will einen Antheil an der Erkenntniß haben; darum muß sich auch die Form mit dem Inhalt, die Schönheit mit der Wahrheit vermählen. Auch der sittliche Wille des Menschen will der Natur nicht berührungslos gegenüberstehen; er verlangt nach einem Einklange seiner Gesetze mit denen des Alls, nach einer lebendigen Gestaltung der außen wirkenden Gedanken und Kräfte in seinem Innern.

Solche Gesichtspunkte machen freilich die Aufgabe eines populären Schriftstellers zu einer sehr schwierigen. Die bloße Kenntniß des wissenschaftlichen Stoffs reicht nicht mehr hin, neue Kräfte müssen wach gerufen werden. „Wer mir seine Kenntnisse in schulgerechter Form überliefert", sagt Schiller, „der überzeugt mich zwar, daß er sie richtig faßte und zu behaupten weiß; wer aber zugleich im Stande ist, sie in einer schönen Form mitzutheilen, der beweist nicht nur, daß er dazu gemacht ist, sie zu erweitern, er beweist auch, daß er sie in seine Natur aufgenommen und in seinen Handlungen darzustellen fähig ist. Nichts als was *in uns selbst* schon lebendige That ist, kann es *außer uns* werden, und es ist mit Schöpfungen des Geistes wie mit organischen Bildungen: nur aus der Blüte geht die Frucht hervor." Sollte ich diesen Maßstab des großen Dichters an meine Schöpfung legen, so möchte ich vollends zweifeln, ob ich mein Ziel erreicht.

Jedenfalls ist es meine Absicht gewesen, in diesem Werke eine umfassende, anschauliche Darstellung der gesammten Wissenschaft des Himmels zu geben. Vollständigkeit des Inhalts, soweit sie nur irgend für die Zwecke allgemeiner Bildung möglich ist, Deutlichkeit im Aufzeigen der Wege der Forschung, Uebersichtlichkeit in der Verknüpfung der Einzelnheiten zu einem geordneten Ganzen, das waren Gegenstände meines redlichsten Strebens. Gewissenhaft habe ich Zahlen und Resultate geprüft, ehe ich sie mitgetheilt, und lieber als unerwiesen und zweifelhaft hingestellt, was trotz hervorragender Autoritäten noch nicht die Anerkennung der gesammten Wissenschaft gefunden hatte.

Eine solche ernste Strenge in der Behandlung des Stoffes wird freilich Mancher nach dem Eingange meines Buches kaum erwarten. Mancher wird meinen, hier einer Art belletristischer Schönmalerei zu begegnen, in welcher durch allerlei abenteuerliches Flitterwerk sich der Faden der wissenschaftlichen Belehrung kaum erkennbar und ungleich in seinem Gespinnst hindurchziehen werde. Wie ich dazu gekommen, mein Buch einer solchen Gefahr der Verkennung auszusetzen, darüber bin ich noch eine Erklärung schuldig.

Es war meine Absicht, die astronomische Wissenschaft unter der Form von Wanderungen durch den Himmelsraum darzustellen. Eine Berechtigung dazu glaubte ich in der Wissenschaft selbst zu finden. Sie ist ja offenbar das Resultat solcher seit Jahrtausenden fortgesetzten Eroberungszüge des Gedankens. Reiche Schätze wurden von jedem Zuge heimgebracht, gesammelt, geordnet, durch neue Beobachtungen geprüft, durch die Rechnung unter Gesetz und System gebracht. Gerade wenn ich die Wege der Forschung darlegen, die Mittel zur Erlangung dieser staunenswerthen Resultate zur Anschauung bringen wollte, dann konnte ich es nicht besser, als wenn ich den Leser selbst auf solche Wanderungen hinausführte. Dazu kam ein zweiter Gesichtspunkt, der mich noch mehr bestimmte. Gerade durch diese Form von Wanderungen wurde meiner Darstellung der Charakter eines geordneten systematischen Ganzen in natürlichster Weise aufgedrängt. Gerade durch diese Form wurde es mir möglich, Schritt vor Schritt die Anschauung des Lesers zu erweitern und ihm zugleich in den zurückgelegten Wegen wie in den gesammelten Erfahrungen einen Maßstab für die immer endloser sich ausdehnenden Räume des Alls zu bewahren. Endlich aber zeigte sich mir in dieser Form ein Vortheil, den ich nicht hoch genug anschlagen zu können glaubte. Ich sah mich genöthigt, meiner Darstellung die Form des Vortrags zu geben. Es liegt immer etwas besonders Anregendes und Belebendes darin, daß man beständig Diejenigen vor Augen hat, die man belehren will. Man liest gleichsam die Fragen und Zweifel auf den Gesichtern der Umgebung; man kann es nicht über sich gewinnen, schwierigere Gegenstände leicht abzufertigen oder gar völlig zu umgehen; man wird unbewußt anschaulicher, eindringlicher, tiefer.

Ich glaube nicht, daß ich solche Vortheile durch die angedeutete Form zu theuer erkaufte. Freilich bedurfte die Ausführung großer Vorsicht. Die Darstellung konnte leicht an das Belletristische streifen, und die Sprache der Belletristik ist nicht die Sprache der Wissenschaft. Der Gelehrte soll Gelehrter bleiben, auch wenn er zum großen Publikum spricht. Aber ich glaube der Würde der Wissenschaft nichts vergeben, durch mein ganzes Werk mir das Bewußtsein, wenn nicht des Gelehrten, doch des Vertreters der Wissenschaft treu bewahrt zu haben. Darum gab ich meinem Buche nur eine novellistische Einleitung; darum ließ ich bereits in den ersten vorbereitenden Kapiteln meine ideale Reisegesellschaft allmählich in das große lesende Publikum aufgehen; darum ließ ich selbst diesem gegenüber im weiteren Verlaufe des Buches das subjektive Verhältniß des Lehrers und Führers nur da noch hervortreten, wo es mir eines Ruhepunktes für den Leser nach einer überwältigenden Fülle von Denkanstrengungen zu bedürfen schien.

Meine Einleitung ist eine Einladung. Ich rolle zunächst das Gemälde des unendlichen Raumes auf, das der Schauplatz unserer Wanderungen sein soll. Ich leite dann das Auge an, sich in der äußeren Erscheinung zurechtzufinden, welche diese Welt am Himmelsgewölbe darbietet. Ich lehre endlich s e h e n und b e o b a ch t e n und gewähre damit die einzig möglichen Mittel zu einem Aufschwung in jene Räume. Nach diesen Vorbereitungen erst beginnen die wissenschaftlichen Wanderungen selbst.

Ernste Wissenschaftlichkeit, Streben nach Klarheit und Anschaulichkeit, strenge Ordnung, Gleichmäßigkeit und innere Einheit wird man meinem Buche nicht absprechen. Gelingt es ihm, Freunde für die Wissenschaft zu gewinnen, ihr Verständniß zu verbreiten, die Theilnahme an ihren Bestrebungen, Forschungen und Entdeckungen rege zu machen, so hat es seinen Beruf erfüllt.

Von Seiten des Verlegers ist nichts versäumt worden, auch durch äußere Ausstattung den Werth des Buches zu erhöhen. Gern hätte ich zur Vervollständigung meines Buches noch eine zusammenhängende Darstellung der Geschichte der astronomischen Forschung gegeben. Bei der Beschränktheit des Raumes mußte ich für jetzt auf die Erfüllung dieses Wunsches verzichten, behalte mir indeß vor, bei einer neuen Auflage auch dieser wichtigen und anziehenden Seite der Wissenschaft einige Blätter zu widmen.

So wandere denn dies Werk einsamer Studien ländlicher Muße hinaus, Strebende zu leiten und Denkende zu lehren!

Halle im November 1859.

Dr. Otto Ule.

Vorwort zur zweiten Auflage.

Bei Druckvollendung der neuen Auflage dieses Werkes trifft den Unterzeichneten die erschütternde Trauernachricht, daß der ursprüngliche Verfasser, Dr. Otto Ule, ganz unerwartet von hier abberufen ist. Es war am 6. August dieses Jahres, als der Genannte gelegentlich eines Brandes in Halle, zu welchem er als Kommandant der Turner-Feuerwehr sich eingefunden, von herabfallenden Steinen tödlich getroffen wurde; er verstarb noch in der darauf folgenden Nacht, 56 Jahre alt. Mit ihm schied ein Mann aus unserer Mitte, dessen weiter Blick und dessen hochherzige Gesinnung ihm zahlreiche Verehrer in allen Gauen Deutschlands erworben haben. Ja, Dr. Otto Ule war ein wahrhaft edler Charakter, der, unähnlich manchen Andern, die reichen Schätze seines Wissens nicht engherzig in der eigenen Brust vergrub, sondern freigebig davon spendete an Alle, die wissensdurstig ihm nahten. Und er war ein guter Mensch, dessen Bestreben darauf zielte, zu helfen, wo er helfen konnte, ohne Rücksicht auf persönliche Vortheile, auf das eigene Wohl oder Wehe. So ist er denn auch von hinnen geschieden in der Ausübung einer uneigennützig gewählten Thätigkeit. Es kann nicht meine Aufgabe sein, an gegenwärtiger Stelle das gesammte Wirken dieses Mannes eingehend schildern zu wollen, um so weniger als dies von anderer, berufener Seite sicherlich geschehen wird. Dagegen kann ich nicht umhin, der Ueberzeugungstreue und des unerschütterlichen Muthes zu gedenken, mit welchen der Verewigte für Das, was er als wahr und recht erkannt hatte, allenthalben eintrat. Ohne kleinliche Rücksicht auf persönlichen Vortheil oder persönliche Unbequemlichkeit suchte Ule der Wahrheit Eingang zu verschaffen, wirkte er für Aufklärung und Bildung, arbeitete er unermüdlich für das Wohl seiner Mitmenschen. Dazu war ihm die Gabe verliehen, in edler Sprache seinen Anschauungen Ausdruck zu geben, den Leser zu erwärmen und zu der Höhe des Gegenstandes, den er behandelte, emporzuheben. Seine Darstellung ist von durchsichtiger, krystallener Klarheit, sie spricht gleichmäßig zum Verstande wie zum Gemüthe, und so hat sie mächtig anregend gewirkt in den weitesten Kreisen.

Mit ganz besonderer Liebe hat Ule die erste Auflage der „Wunder der Sternenwelt" ausgearbeitet. Man erkennt in der Darstellung die Begeisterung, welche er für den Gegenstand empfand, gleichzeitig aber auch ein tieferes Verständniß der Stellung und Bedeutung der Himmelskunde in der Gegenwart.

Als er daher, im Drange zahlreicher anderer Arbeiten, der zweiten Auflage dieses Werkes nicht jene große Umarbeitung zutheil werden lassen konnte, welche der Fortschritt der Wissenschaft in den beiden letzten Jahrzehnten gebieterisch erheischte, und infolge dessen der Unterzeichnete von dem Verleger des Werkes, Otto Spamer, aufgefordert wurde, diese Umarbeitung vorzunehmen, stand es bei mir fest, daß der Sinn und Geist der ursprünglichen Fassung unverändert beibehalten werden müsse. Nur die Einfügung neuer und die veränderte Gruppirung früherer Thatsachen konnte ich als eigentliche Aufgabe betrachten; die ursprüngliche Methode der Darstellung blieb fast unverändert. Unter denjenigen Partien des Werkes, welche in der neuen Auflage eine größere Ausdehnung erhielten, erwähne ich zunächst den Abschnitt über das Fernrohr, dem ein ganz neues Kapitel, über die Spektralanalyse, hinzugefügt wurde. Das erste Kapitel des zweiten Buches hat gleichfalls (u. a. durch mehrere Tabellen) eine wesentliche Bereicherung erfahren, ebenso der Abschnitt über den Mond. Fast ganz umgearbeitet und besonders in illustrativer Beziehung bedeutend erweitert, erscheint der Abschnitt über die Sonne. Bei den einzelnen Planeten wurden alle neuen Entdeckungen sorgsam nachgetragen, besonders aber erscheinen gegenwärtig die über die Kometen und Meteor-Asteroiden handelnden Kapitel in einer anderen Gestalt und innigeren Beziehung zu einander. Das dritte Buch, welches die Fixstern- und Nebelwelt behandelt, bietet ebenfalls zahlreiche Zusätze und Abänderungen dar. Der Abschnitt über das „Fixsternsystem" leitet in der neuen Fassung zu ganz anderen Resultaten als in der früheren, da die neueren Untersuchungen keineswegs der Mädler'schen Hypothese günstig sind. Der Umfang des Werkes ist freilich gegen die erste Auflage fast um das Doppelte gewachsen; dies rührt einerseits her von dem gewaltigen Zuwachse, den unsere Kenntniß der Himmelskörper seit der ersten Auflage erhalten hat, andererseits aber von der durch die Verlagsbuchhandlung gern bewilligten Einfügung zahlreicher neuer und ebenso künstlerisch als naturgetreu ausgeführter Illustrationen, Chromolithographien und anderer Beigaben, wie sie in ähnlichen Fällen kein anderes populär-astronomisches Werk aufzuweisen hat. Wenn also nach dem Vorhergesagten der Leser Belehrung und Genuß in diesem Buche findet, so hat er sie in erster Linie dem ursprünglichen Verfasser, Dr. Otto Ule und dem dies Werk lebhaft fördernden Verleger Otto Spamer zu verdanken.

Die trotz aller Sorgfalt untergelaufenen Druckfehler, haben, so weit sie uns aufgefallen, am Schlusse des Werkes, S. 496, Berichtigung gefunden.

Köln, 15. August 1876.

Dr. Hermann J. Klein.

Die

Wunder der Sternenwelt. Zweite Auflage.

Inhalt.

Erstes Buch.

Vorbereitungen zum Ausflug in den Himmelsraum.

Zweites Buch.

Die planetarische Welt.

Drittes Buch.

Die Fixstern- und Nebelwelt.

Uebersichtstabellen.

Bahnelemente und Größenverhältnisse der Planeten und ihrer Satelliten, der bemerkenswerthesten Kometen und Doppelsterne.

Chromolithographien, Tondruckbilder und andere Beigaben.

In den Text gedruckte Abbildungen.

Erstes Buch.

Vorbereitungen zum Ausflug in den Himmelsraum.



Nachts, wenn gute Geister schweifen,
Schlaf Dir von der Stirne streifen,
Mondenlicht und Sternenflimmern
Dich mit ew'gem All' umschimmern, —
Scheinst Du Dir entkörpert schon,
Wagest Dich an Gottes Thron.

Erstes Kapitel.

Eine Nacht im Freien.

Italienische und tropische Nächte kenne ich nicht. Mag der Dichter die milden Reize der einen besingen, mag der reisende Naturforscher, noch in der Erinnerung träumend, in dem Zauber der anderen schwelgen; ich kenne nur deutsche Nächte. Aber ich weiß, daß es auch deutsche Nächte giebt, welche süße Schauer des Entzückens über uns ausgießen. Nicht die Landschaft ist es, nicht Düfte und Thau sind es, in denen das Geheimniß nächtlicher Schönheit beruht: Es ist eben Alles Duft und Alles Harmonie. Es ist vielmehr jene behagliche Verschwommenheit und Aufgelöstheit der Natur, die alle unsere Sinne in Ruhe wiegt und die Gedanken zwischen Himmel und Erde schweben läßt.

Solch eine Nacht war es, in der ich einst in heiterer Gesellschaft von einer Wasserfahrt auf einem keineswegs romantischen Flusse heimkehrte. Die Sonne war längst hinter den fernen Gebüschen versunken, das Goldgewand der Wiesen war erblichen, und nur einige blasse Purpurstreifen hatten noch eine Zeit lang die Spuren des verborgenen Sonnenlaufes bezeichnet. Jetzt war die tiefe

feierliche Nacht herabgesunken, und das Schweigen der Natur hatte auch unsere Gesellschaft ergriffen. Der heitere Scherz war verstummt, und einem sinnenden Schweigen gewichen. Solch eine Stille hat Nichts gemein mit jener peinlich drückenden der Langenweile. Es ist eine wohlthuende und zugleich ein reges, freies Wogen der Gefühle verdeckende, es ist eine brütende Stille, in welcher Gedankenkeime gähren, die sich endlich mit Gewalt Bahn brechen. Ein seltener Kampf hält noch eine Zeit lang diesen Augenblick fern, ein Kampf aufwärtsdrängender Gedanken und verschließender Gefühle. Nichts Seltenes und nichts Wunderbares ist es darum, wenn es meist inhaltleere Phrasen sind, die solch inhaltvolles Schweigen brechen; das Beste halten wir ja aus innerer Scheu zurück. Aber diese Phrasen sind doch mehr, als sie scheinen. Sie sind gleichsam der erste elektrische Schimmer aus einer Gewitterwolke; die leuchtenden Blitze folgen, und ohne es zu wissen, drängt sich hinter ihnen eine Fülle von Gedanken hervor, die in unserer vermeintlichen Gedankensiesta zur Geburt reiften.

„Solche Nacht bringt doch Alles zum Schweigen," begann ein Mitglied unserer Gesellschaft und wandte sich neckend gegen einen Dichter in unserem Kreise und gegen mich, die wir bis dahin schweigend und mit zurückgelehntem Kopfe dagesessen hatten. „Aber nicht blos die Landschaft," fuhr der Redner fort, „ich glaube, auch die Poesie und die ernste Wissenschaft. In solcher Nacht könnten Sie beide doch höchstens Astrologen sein."

„Sie meinen," nahm ich den Scherz erwiedernd das Wort, „weil ich so aufmerksam zum Himmel aufschaute? Aber dann, glaube ich, haben sich unsere Blicke doch nur begegnet; denn wenn Sie auch Ihren Blick in die Wassertiefe versenkten, so haben Sie doch sicher Nichts als das Spiegelbild des Sternhimmels darin angeschaut. Und was, wenn ich fragen darf, da Sie mich zum Astrologen machen wollen, haben Sie in dieser Sternenschrift gelesen?"

„Als ob man heute noch in den Sternen lesen könnte, und als ob ich überhaupt Lust oder Ursache hätte, meine Zukunft irgendwo zu lesen!" erwiderte lächelnd der Gefragte.

„Das Letztere wollen wir dahingestellt sein lassen," antwortete ich, „aber Ihren ersten Zweifel lasse ich Ihnen noch nicht so ohne Weiteres hingehen. Weil man in den Jahrhunderten des Aberglaubens," fuhr ich fort, „allerlei Unsinn und Narrheit mit diesem Lesen trieb, darum ist es doch noch nicht überhaupt eine Thorheit! Ich selbst, ich will es gestehen, habe so eben Manches in jener Schrift gelesen."

„So theilen Sie doch Etwas davon mit!" fiel mein Gegner mir lachend in die Rede.

„Ei, wenn das so leicht wäre!" erwiderte ich. „Aber es dürfte eine fremde Sprache für Sie Alle sein, und wollte ich es Ihnen übersetzen, so möchte die Zeit nicht ausreichen, da unser Ziel nicht mehr fern ist. Daß es aber doch nicht so ausgemacht unmöglich und ungereimt ist, in den Sternen zu lesen, — Sie müssen nur nicht gleich an Horoskope, an Prophezeiungen von Heirathen und Sterbefällen denken! — daß man aber Dinge da lesen kann, die wirklich von Bedeutung sowol für die Geschicke Einzelner, wie ganzer Staaten sein können, das will ich Ihnen aus Ihren eigenen Erfahrungen beweisen."


Hipparchos
Tycho Brahe
Galilei.
Newton.
Kepler.
Kopernikus.
Kant.
Laplace.
A. Müller. sc

„Aber dann wundert es mich nur," warf mein Freund ein, „daß wir jetzt so viele und berühmte Astronomen haben, und daß dennoch so wenige Menschen in den Sternen lesen."

„Das ist leider wahr," entgegnete ich, „und doch erklärlich. Wir alle studiren von Jugend auf die Sprache der Gesichtszüge, der Augen, des Mundes, und das ist die Sprache des Malers; aber keiner kümmert sich um die Sprache des Sternenforschers. Wie wollen wir denn in dem Himmel lesen, wenn wir ihn nicht einmal ansehen? Es ist wahrhaft zum Erstaunen, wie viele einsichtsvolle und gescheite Menschen es giebt, die sogar um keinen Preis für ganz unwissend in der heutigen Astronomie gehalten werden möchten, und die doch nie mit einiger Aufmerksamkeit zum Himmelsgewölbe aufgeblickt, die niemals selbst ein paar Beobachtungen gemacht haben, um Erscheinungen daran zu entdecken, die aus eigener Erfahrung nicht ein Sterbenswörtchen von den mancherlei Bewegungen, die sich daran zeigen, zu sagen vermöchten. Es giebt Tausende und Hunderttausende, die an so manchem Abend, eine lange Reihe von Jahren hindurch, zum klaren Sternhimmel aufschauten, und die doch Nichts weiter aus dem Anblick dieses herrlichen Gemäldes zurückbehalten haben, als daß nach allen Richtungen hin eine Menge schimmernder oder funkelnder Punkte sich zeigten. Ob aber diese Punkte ihre Stellung unter einander veränderten oder nicht, — ob einige in Bewegung schienen, andere in Ruhe, — ob das ganze Himmelsgewölbe still zu stehen schien oder als ein Ganzes sich drehte, — ob alle die Sterne, die sie um 6 Uhr Abends sahen, eben so sichtbar sind um 12 Uhr Nachts, — ob die Sterne auf- und untergehen, wie Sonne und Mond, — ob sie im Osten oder Nordosten oder sonst wo aufgehen, — ob die einen regelmäßig auf- und untergehen, während andere niemals unter den Horizont tauchen, — ob einzelne Sterne sich gelegentlich rückwärts oder vorwärts bewegen, und in welcher Gegend des Himmels sie erscheinen, — ob es Sterne an unserm Himmelsgewölbe eben so gut am Tage wie in der Nacht giebt, — ob dieselben Sternbilder im Sommer und Winter sichtbar sind? — — alle diese Fragen, — ja, meine Freunde, sehen Sie mich nur verwundert an, ich glaube, daß Sie sie alle beantworten können, nämlich aus astronomischen Lehr- und Handbüchern; aber ich frage Sie ernstlich, ob Sie diese Fragen aus eigener Anschauung, eigener Beobachtung zu beantworten im Stande sind. Und doch liegt in diesen Fragen die Grammatik des Himmels, ohne welche Sie keine astronomische Schrift, möge sie noch so interessant, so geistreich und zugleich populär sein, wahrhaft verstehen können, ohne welche Sie, mit einem Worte, Laien bleiben, und Sie wissen, was das Wort einem Gemälde gegenüber sagen will."

Man gab mir nothgedrungen Recht. Aber ich mußte dem beschämenden Gefühl, das ich nothwendig in meinen Hörern angeregt hatte, doch noch eine Lösung zu Theil werden lassen. Auch war mein Herz zu voll von dem Eindrucke der wundervollen Nacht, deren Vertheidigung ich ja übernommen hatte, als daß ich jetzt hätte schweigen können. Zudem erwachten in mir Erinnerungen aus meiner Kindheit, ich gedachte des Dranges, der mich einst hingezogen hatte zu den Geheimnissen der Sternenschrift, und der doch unbefriedigt blieb, bis spätere mühevolle Studien mir den Himmel erschlossen und jene Poesie retteten,

die von der Natur schon in das Kindesherz geschrieben war. — „Glauben Sie nicht," fuhr ich darum fort, „daß ich Ihnen mit dieser Gleichgiltigkeit gegen die Sternkunde einen Vorwurf machen wollte. Der Grund dazu liegt leider schon in den Tagen unserer Kindheit, in der häuslichen Erziehung und in den öffentlichen Schulen. Kindern ist die Neugier angeboren; schon im frühesten Alter zeigen sie das lebhafteste Verlangen, sich mit den Eigenthümlichkeiten der verschiedenen Dinge ihrer Umgebung bekannt zu machen. Aber ihre Neugier wird ungeschickt geleitet; selten lehrt man sie den rechten Gebrauch von ihren Sinnen machen, und ihre Fragen in Bezug auf Naturgegenstände werden meist schnöde zurückgewiesen, bis allmählich das Recht der Gewohnheit sich geltend macht, und Unaufmerksamkeit und Gleichgültigkeit von dem kindlichen Gemüth Besitz ergreifen. Statt auf die kindlichen Fragen zu antworten und die natürliche Wißbegierde zu belohnen, schilt man die Kinder Quälgeister und verweist sie auf ihre Grammatik. Meist ist es nur die eigene Unwissenheit, die sich hinter solchen Weisungen versteckt; aber leider wird auf diese Weise der natürliche Trieb im Kinde erstickt, und das unbehagliche Gefühl, das aus solchem unbefriedigten Verlangen entspringt, wirkt allmählich abstumpfend. Ich erinnere mich, wie ich als Knabe von 7 oder 8 Jahren auf dem Rücken ausgestreckt im Grase lag und in das reine Himmelsblau hinausschaute. Da gingen seltsame Gedanken durch meinen kleinen Kopf. Ich fragte mich, wie weit wol dieses blaue Gewölbe reichen möchte, und ob es wirklich ein festes, durchsichtiges Gewölbe oder ein leerer Raum sei, ob es rings von dicken Mauern gestützt, oder ob, wenn es ein leerer Raum sei, irgend Etwas darüber hinaus zu finden sein möchte, wenn ich Flügel hätte, in Ewigkeit hinaus zu fliegen; und was ich wol sehen würde, wenn ich dort auf die Kirchthurmspitze gelangen könnte. Solche und andere Gedanken, kindisch und märchenhaft, überstürzten sich in mir und wurden so peinlich und beängstigend, daß ich mich plötzlich aufraffte, ihnen zu entfliehen, und zu meinem Spiel und meinen Geschwistern eilte. Ich dachte nicht daran, zu fragen; ich schämte mich ja fast meiner Gedanken; aber ich glaube, hätte ich auch gefragt, so gebildet und einsichtsvoll die Umgebung meiner Kindheit war, ich hätte wenig Befriedigung gefunden. Mein Fall ist der von tausend Kindern, und ich erwähne dies nur, um zu zeigen, wie das Kind oft im besten Zuge ist, ein vortrefflicher Beobachter der Natur zu werden, und wie dann unsere Erziehung, öffentliche wie häusliche, Alles thut, um den natürlichen Drang des empfänglichen Gemüthes zu ersticken."

„Sie haben ganz Recht," nahm Einer aus unserer Gesellschaft, ein erfahrener Erzieher, das Wort. „Bei aller Bildung unserer Zeit fehlt uns doch noch viel. Es ist zu viel prunkender Schein darin, und weil wir ihn selbst lieben, wollen wir ihn auch an der Jugend nicht missen. Wir Gebildeten verstehen alles Mögliche, urtheilen über Kunst und Poesie; aber von der Natur, dem Nächstliegenden, wissen wir oft Nichts. Wir lesen freilich gelehrte Werke darüber, namentlich jetzt, wo es Mode ist, aber wir sehen die Dinge nicht, von denen sie handeln. Sie haben Recht, das sollte anders werden!"

„Und das könnte anders werden!" fiel ich schnell ein, denn ein Plan war in mir fertig geworden. „Sagen Sie mir, wenn Ihnen Jemand von all den

Herrlichkeiten Indiens oder der brasilianischen Urwälder erzählte, würde Sie nicht Lust anwandeln, dieses Paradies zu schauen? Ich glaube gewiß, „wenn es nur nicht so weit wäre“! Nun zu dem Monde, zu den Sternen, zu all den Herrlichkeiten des Himmels könnten Sie reisen ohne Kosten, ohne Beschwerden, ohne Gefahren! Die Wissenschaft bietet sich Ihnen an zum Führer durch diese ferne, außerirdische Welt; sie vermag Ihnen Kunde zu geben von Wundern und Herrlichkeiten, die alles weit hinter sich zurücklassen, was die ausschweifendste Phantasie des Dichters nur hervorbringen mag.“

„Gut“, hieß es da von allen Seiten, „wir nehmen diese Führung an und wünschen möglichst bald, die Wanderung anzutreten.“ „So schnell geht das nicht,“ erwiederte ich, „vorher müssen wir erst gewisse Vorbereitungen treffen, wie es ja auch zu jeder irdischen Wanderung nicht anders ist. Inzwischen will ich die uns heute noch verbleibende Zeit dazu benutzen, Ihnen einen kurzen Ueberblick über die Geschichte der Sternkunde zu geben.

Die Astronomie ist wohl die älteste aller Wissenschaften, wenigstens in ihren ersten Anfängen reicht sie bis in die Urzeit des Menschengeschlechtes hinauf. Die frühesten Menschen bemerkten bald, daß die Tages- und Jahreszeiten in einem gewissen Zusammenhange mit den Stellungen des gestirnten Himmels stehen; ja noch heute pflegen die Indianer sich nach gewissen Sternen zu orientiren und die Nachtstunden abzuschätzen. Von diesen ersten Spuren der Sternkunde bis zu einer wissenschaftlichen Behandlung der himmlischen Erscheinungen ist natürlich ein sehr weiter Weg, aber schon die alten Babylonier und Aegypter scheinen das Gesetzmäßige mancher Himmelserscheinungen klar erkannt zu haben. Auch in China ist man früh auf astronomische Beobachtungen gekommen, und Aufzeichnungen über dort beobachtete Sonnenfinsternisse reichen bis ins dritte Jahrtausend vor Chr. hinauf. Die so hoch gebildeten Griechen haben die Sternkunde nur wenig gepflegt; sie waren keine Beobachter, und philosophisches Nachsinnen allein vermag auf dem wissenschaftlichen Gebiete nicht zu praktischen Wahrheitsermittelungen vorzudringen. Zu einer wirklichen Blüte gelangte die Sternkunde erst am Hofe der für Kunst und Wissenschaft begeisterten Ptolemäer in Aegypten. Hier beobachtete Hipparchos (geb. 160, gest. 125 v. Chr.), der „Schöpfer der wissenschaftlichen Astronomie,“ die Bewegungen der Himmelskörper und suchte mit Hülfe seines „Astrolabium,“ einer großen (aus beweglichen Metallreifen bestehenden) Armillarsphäre, vornehmlich die Natur der Bewegungen von Sonne und Mond zu ergründen; auf seinen Forschungen baute der nicht minder namhafte Claudius Ptolemäus (um 150 v. Ch.) weiter fort und ersann sein vielgenanntes Weltsystem des Scheines, verfaßte auch den sogenannten „Almagest,“ das umfangreichste astronomische Hauptwerk des Alterthums. Im siebenten Jahrhundert unserer Zeitrechnung sank die alexandrinische Wissenschaft seit den Eroberungszügen der Araber, um sich nie wieder zu erheben. Dafür blühte indeß nach kurzem Schlummer die Himmelskunde bei den Tartaren auf, und selbst Nachfolger des Propheten zeichneten sich als eifrige Beobachter aus. Düstere Nacht der Unwissenheit deckte in jenen Jahrhunderten das Abendland. Erst im dreizehnten Jahrhundert treffen wir auf Alfons von Castilien, genannt der Astronom und Philosoph (geb. 1221, gest. 1284), welcher

sich um die Sternkunde ein bleibendes Verdienst dadurch erwarb, daß er mit großem Aufwande von Fleiß und Geld die Ptolemäischen Planetentafeln (nach ihm die „Alfonsinischen“ genannt) verbesserte. Aber die Harmonie des Himmels erforschend lebte er auf Erden in Krieg und Unruhe. Dafür ziert nun die unentziehbare Krone der Wissenschaft das Haupt Dessen, dem durch den eigenen Sohn die irdische Königskrone entrissen wurde. In Deutschland wirkten Peurbach (geb. 1423, gest. 1461) und dessen großer Schüler Regiomontanus (Johann Müller) für die Fortbildung unserer Wissenschaft. Dem Letzteren erwarben dauernden Ruhm nicht nur seine Kalenderverbesserungen, sondern auch vornehmlich seine „Ephemeriden“ für die Jahre 1475 bis 1506, das sind Tafeln, welche die tägliche Stellung der Sonne, des Mondes und der Planeten für bestimmte Jahre im Voraus verzeichnen.



Regiomontanus (Johannes Müller von Königsberg.)
(Geb. 6. Juni 1436, gest. 6. Juli 1476.)

Inzwischen ging aber im fernen Osten unseres Vaterlandes, zu Thorn an der Weichsel, dasjenige Gestirn am Horizont der Himmelskunde auf, vor dessen Erscheinen eine neue Weltordnung ihren Anfang nimmt: Nikolaus Kopernikus (1473 bis 1543) setzte die Sonne als Weltleuchte auf den Thron und hieß den Erdball mit all seinen Planetengeschwistern um sie in harmonischem Reigen sich schwingen. Lernend und lehrend hatte dieser Schöpfer der neueren Astronomie verschiedene Länder durchzogen, bis er endlich sich dauernd in Frauenburg niederließ, wo er als Geistlicher und Arzt thätig die Beobachtung der Himmelserscheinungen in seinen Mußestunden pflegte und förderte.

Die Wahrheit der Bewegung unserer Erde um die Sonne war indessen schon früher ausgesprochen, wenn auch nur wenig beachtet worden. Kopernikus selbst sagt: „Ich fand zuerst bei Cicero, daß Hicetas gemeint habe, die Erde bewege sich; und daß auch Andere dieser Meinung gewesen, ersah ich aus folgender Stelle des Plutarch: Die gewöhnliche Meinung geht dahin, daß die Erde ruhe; der Pythagoräer Philoläos dagegen nimmt an, daß sie sich wie Sonne und Mond in einem schiefen Kreise um das Feuer (das ewige Weltfeuer) bewege. Haraklides aus Pontos und der Pythagoräer Ekphantos geben der Erde eine Bewegung, nicht fortschreitend, sondern rotirend, sodaß sie von Abend gegen Morgen um ihre Axe gedreht werde.“ — Zur Gewißheit der Erdbewegung gelangte aber



Wunder der Sternenwelt. 2. Aufl. **Leipzig: Verlag von Otto Spamer.**

Kopernikus erst nach und nach durch fortgesetzte Beobachtungen der Mondfinsternisse und der Planetenbewegungen, wozu er sich die erforderlichen Instrumente selbst verfertigte. Das bedeutendste seiner Werke, an welchem er zwanzig Jahre lang arbeitete, handelt in sechs Büchern von den „Verläufen der Himmelskörper," und es war dem Verfasser desselben noch vor seinem Hinscheiden vergönnt, um Mitte Mai 1543 einen Blick auf den ersten gedruckten Bogen dieses unsterblichen Buches zu werfen; darauf schlossen sich seine Augen für immer. — Drei Jahre nach dem Tode dieses Begründers der neueren Astronomie erblickte das Licht der Welt Tycho Brahe (1546 bis 1601), der sich u. A. durch den Versuch, die Ptolemäische und die Kopernikanische Weltanschauung zu vermitteln, bekannt gemacht hat. Zeugt die Möglichkeit solchen Unternehmens von der Langsamkeit, mit welcher die Lehre des Kopernikus sich Bahn brach, so hat doch Tycho sich auch ein großes Verdienst und seinen Platz in der Geschichte unserer Wissenschaft dadurch gesichert, daß er die Bahn des Mars schärfer bestimmte, einen Sternenkatalog zusammenstellte und den Kometen fleißige und erfolgreiche Beobachtungen zuwandte.



Christian Huyghens.
(Geb. 14. April 1629, gest. 8. Juli 1695.)

Wenn aber Kopernikus ein für alle Mal festsetzte, daß sich die Planeten um die Sonne bewegen, so blieb es Johann Kepler vorbehalten, durch die drei nach ihm benannten Gesetze die weiter gehende Frage zu lösen, wie jene Bewegung stattfindet. Zu Weil im Württembergischen 1571 geboren, studirte Kepler in Tübingen, wirkte als Lehrer der Mathematik in Steiermark und fertigte Kalender; er mußte jedoch als Protestant seine dortige Stellung aufgeben und ging dann nach Prag, um Tycho bei Herstellung der sog. Rudolfinischen Tafeln zu unterstützen. Hier entdeckte er sein erstes und zweites Gesetz der Planetenbewegungen. Trübe Familienverhältnisse und unzureichendes Auskommen bestimmten ihn, eine Lehrerstelle in Linz anzunehmen; dort entdeckte er das dritte seiner großen Gesetze. Abermals seines Glaubens halber vertrieben, fand er Aufnahme bei dem sterngläubigen Wallenstein, der ihm zwar ein akademisches Lehramt in Rostock gewährte, aber nicht für Zahlung des Gehaltes sorgte. In Kummer und Elend starb Kepler 1630 zu Regensburg, wohin er gegangen, um vom Reichstage seinen seit Jahren rückständigen Gehalt zu erbitten. Schon 1609 hatte er sein Werk über die „neue Astronomie oder über die Physik des Himmels" fertig gestellt, das ihm für alle Zeiten

einen ersten Platz unter den Forschern sichert. — Oft stellt die Geschichte zwei große Männer neben einander, von denen einer die hülfreiche Hand des Andern bildet. Kepler brauchte zu seinen Untersuchungen das Fernrohr und Galileo Galilei erfand es.

Zu Pisa 1564 geboren lebte der letztere theils in dieser Stadt, theils in Padua als Lehrer der Mathematik und förderte nicht nur durch die hervorgehobene Erfindung, sondern auch durch Entdeckung der Gesetze des freien Falles wie der Pendelbewegung ganz wesentlich die Fortentwicklung der astronomischen Wissenschaft. Erst das Fernrohr erschließt die Pforten, durch welche des Menschen Auge in die fernen Welten dringt, und Galilei ist der erste Erdgeborene, welcher die Monde des Jupiter, ferner auch die Phasen des Merkur und der Venus, die Gebirge auf dem Monde, den Ring des Saturn und die Flecken der Sonne gesehen. — Durch die Verbesserung des Fernrohrs, wie sie zunächst Christian Huyghens (1629 bis 1695) erzielte, gelang es dann auch bald, die wahre Gestalt des Saturn und einen seiner Trabanten zu ermitteln; dieser berühmte Mathematiker und Physiker Hollands hat sich unter Anderem auch durch seine Studien über die Verwerthung des Pendels, besonders bei den Uhren, sowie durch seine Untersuchungen über die Natur des Lichtes verdient gemacht.



Heinrich Wilhelm Olbers.
(Geb. 11. Oktober 1758, gest. 2. März 1840.)

Das Sterbejahr Galilei's (1643) ist das Geburtsjahr von Isaak Newton, der bis zu den letzten Gründen für die harmonische Gliederung unseres Sonnensystems vordrang. Wenn Kopernikus es nachwies, daß sich die Planeten um die Sonne bewegen, Kepler uns zeigte, wie sie sich bewegen, so offenbarte Newton, warum sie sich so und nicht anders bewegen. Denn der denkende Mensch begnügt sich nicht mit Ermittelung der Wahrheit, er will sie erklärt haben im Zusammenhange mit den verwandten Erscheinungen, und den Grund solchen Zusammenhanges zu erkennen, bleibt die höchste Aufgabe aller Wissenschaften. Der große Geist, welcher einen solchen Grund für die Astronomie legte, erstand in dem englischen Dorfe Whoolsthorpe, um die Weihnachtszeit des oben genannten Jahres. Für das Studium erzogen, lebte Newton dann lange Zeit als Professor in Cambridge, bis er in die vortheilhafte Stellung als Direktor

der Münze in London trat. Schon als junger Mann soll er in seinem Geburtsdorfe auf die ersten Gedanken an ein allgemeines Gesetz der Schwere gekommen sein, als eine Kraft, welche im ganzen Weltenraume herrscht und ebenso den Fall der Körper auf unserem Planeten wie die Bahnen und die Geschwindigkeiten aller Himmelskörper bewirkt. Aber zwanzig Jahre dauerte es, ehe Newton seine einzelnen Beobachtungen und die Ergebnisse seines Nachdenkens zu einer einheitlichen Theorie zusammenfassen konnte, wie sie sich in seinem unsterblichen Werke über die mathematischen Grundgesetze der Naturlehre dargelegt findet. Er starb hochbetagt im Jahre 1727. Der vielbesprochene Apfelbaum, in dessen Schatten er einst ruhend aus der fallenden Frucht den ersten Gedanken der Schwerkraft erfaßt haben soll, stand noch bis in unser Jahrhundert und fiel erst 1826, selber gehorchend dem Gesetze der Schwere, gebrochen vom Sturm. — Ein jüngerer Zeitgenosse und Landsmann des großen Briten, Edmund Halley (1656 bis 1724), hat sich durch seine Beobachtung des nach ihm benannten Kometen, sowie durch die Berechnung vieler Kometenbahnen bekannt gemacht, auch verdienstvolle Arbeiten über die Natur des Mondes und über die Sonnen-Parallaxe verfaßt; ein anderer englischer Astronom in der ersten Hälfte des achtzehnten Jahrhunderts, James Bradley (1692 bis 1762), verdient durch die Genauigkeit seiner Beobachtungen, führte die Lehren von der Nutation der Erdachse und von der Aberration des Lichtes in unsere Wissenschaft ein.



Josef Fraunhofer.
(Geb. 6. März 1787, gest. 7. Juni 1826).

Kopernikus, Kepler, Newton (zwei Deutsche und ein stammverwandter Brite) hatten den Bau und die Ordnung unseres Sonnensystems gelehrt; einem französischen Forscher blieb es vorbehalten, die denkbare Entstehung dieses Systems im Sinne einer allgemeinen Weltordnung zu entwickeln. Hierzu diente dem Marquis Pierre Simon de Laplace (1749 bis 1827), eine kühn erfaßte (ebenfalls von dem Königsberger Philosophen Immanuel Kant in ähnlicher Weise angeregte) Gedankenreihe, welche jener französische Gelehrte zwar unter theilweisem Widerspruch der Mitwelt, aber zur Befriedigung nachfolgender Forscher in ihren Hauptpunkten eingehend dargelegt hat. Seinem Zeitgenossen Friedrich Wilhelm Herschel (1738 bis 1822), einem geborenen Deutschen, der aber in

England sein thatenreiches Leben unserer Wissenschaft widmete, gelang es, das Rüstzeug zur Eroberung ferner Himmelswelten wesentlich zu vervollkommnen und von seinen Eroberungszügen dorthin große Ergebnisse auf unsere irdische Heimat zurückzubringen. Mittels der selbstgeschaffenen (bis zwölf Meter langen) Teleskope drang dieser Meister im Beobachten bis zu den fernen Grenzen unserer Sonnenwelt, wie in die Tiefen des Universums vor; er entdeckte den Planeten Uranus, löste Nebelflecke in Sternhaufen auf und ergründete, die Fixsternwelt erforschend, den Bau des Himmels.

So wetteiferten die größten Geister der heutigen Kulturvölker miteinander, den astronomischen Forschungen die möglichste Förderung angedeihen zu lassen. Zugleich entstanden vortrefflich eingerichtete Sternwarten, wie die zu Greenwich, Paris, Berlin, bei Gotha, zu Pulkowa bei Petersburg, und es bildete sich die Kunst, astronomische Instrumente zu bauen (gefördert namentlich durch die Leistungen der berühmten Optiker Dollond, Vater und Sohn, sowie insbesondere Josef Fraunhofer's) zu immer größerer Vollendung aus. Auch die Mathematik machte, angespornt durch die Probleme, welche die Astronomie ihr vorlegte, bedeutende Fortschritte. Ich kann, Ihnen gegenüber, für jetzt noch nicht in genauere Einzelheiten eingehen; ich beschränke mich daher vorläufig auf die Andeutung, daß seit dem vorigen Jahrhundert die größten und tiefsten Geister ihre Kraft der Ausbildung der Himmelskunde gewidmet haben und daß die letztere heute wol mit Recht die am meisten und harmonisch in sich abgerundete, aber auch die schwierigste aller Wissenschaften genannt werden kann. Gegenwärtig giebt es keinen Einzelnen mehr, der die Astronomie in allen ihren verschiedenen Theilen gleichmäßig zu beherrschen vermöchte. Den Ausbau des mathematischen Theiles der Himmelskunde haben, wie schon vorher angegeben, Deutsche, Engländer und Franzosen vollendet. Der größte aller Mathematiker, welchen die Erde je sah, Karl Friedrich Gauß (1777 bis 1855) zu Göttingen, löste u. A. in seiner „Theorie der Bewegung der himmlischen Körper" ein Problem, das ebenso wichtig wie unlösbar dastand. Neben ihm führte Friedrich Wilhelm Bessel (1784 bis 1846) zu Königsberg, welcher zuerst die Entfernung eines Fixsternes (im Sternbilde des Schwan) feststellte und sehr genau 75,011 Sterne verzeichnete, auch an den Doppelsternen das Newton'sche Gesetz nachwies, die Kunst, möglichst fehlerfreier Beobachtung auf eine Höhe, die noch nicht überstiegen ist. Ihm nahe an Verdienst um die theoretische Förderung der Astronomie steht Johann Franz Encke (1791 bis 1865), welcher als Direktor der Berliner Sternwarte 1825 an Bode's Stelle berufen, viele wissenschaftliche Abhandlungen, namentlich in den von ihm geleiteten „Berliner astronomischen Jahrbüchern veröffentlichte, auch die Bahn des nach ihm benannten Kometen berechnete. Sein Zeitgenosse und Landsmann, Johann Heinrich Mädler (1794 bis 1874), welcher eine lange Reihe von Jahren der russischen Sternwarte zu Dorpat vorstand, hat uns hauptsächlich mit der Oberfläche des Mondes, sowie des Planeten Mars bekannt gemacht, auch eine Theorie der Centralsonne eingeführt und die Fixsternkunde bereichert. Andererseits haben der Franzose Josef Leverrier (geb. 1811) und der Engländer John Adams (geb. 1819) mit der Spitze der Feder unserem Sonnensystem ein neues Glied zugeführt, das sie durch bloße Berechnung

in dem später Neptun genannten Planeten ermittelten. Einen neuen eigenartigen Fortschritt in der Entwicklung unserer Wissenschaft verdanken wir aber einem Italiener, dem Jesuiten-Pater Angelo Secchi zu Rom (geb. 1818), welcher mit Hülfe spektralanalytischer Untersuchungen die physische Beschaffenheit der Himmelskörper zu ergründen sich bestrebt. Diese Anwendung der Experimentalphysik auf Sonne und Sterne hat nunmehr sogar gestattet, in den Tiefen der Himmelsräume stoffliche Verschiedenheiten zu erkennen und die Einheit der Materie durch den ganzen Weltenraum darzulegen.

Fast sämmtliche bisher genannte Himmelserforscher waren zugleich als Leiter bestehender Sternwarten thätig, und gleich ihnen haben sich eine große Zahl in demselben Berufe wirkender Astronomen mehr oder weniger durch einzelne erfolgreiche Beobachtungen und Entdeckungen noch unbekannter Himmelskörper und dergl. einen unsterblichen Namen in der Wissenschaft erworben. Ich denke hierbei zunächst an den Italiener Giuseppe Piazzi (1746 bis 1826), Direktor der Sternwarte zu Palermo, welcher zuerst die bis dahin noch offene Kluft zwischen den Bahnen der Planeten Mars und Jupiter durch Auffindung eines kleinen Wandelsterns ausfüllte. Diese Entdeckung des Planetoiden Ceres erfolgte am ersten Tage dieses Jahrhunderts, in der Nacht des ersten Januar 1801, und so dürfen die Astronomen mit Stolz von sich rühmen, daß das erste größere Ereigniß des neunzehnten Säkulum der Himmelskunde zu Gute kommt, mit anderen Worten, daß unser Jahrhundert mit einer astronomischen That eröffnet wurde. Bald folgten von anderer Seite mehrere Entdeckungen gleicher Art, und heute ist die Reihe der aufgefundenen kleinen Planeten oder Asteroiden bereits auf anderthalbhundert gestiegen. Den nächsten (Nr. 2, Pallas genannt) fand im März 1802 der deutsche Forscher Heinrich Wilhelm Olbers in Bremen (1758 bis 1840), welcher sich auch durch neue Berechnungsmethoden für die Kometenbahnen verdient gemacht hat. Eine größere Anzahl dieser kleinen Himmelskörper aufzufinden, gelang dem englischen an Bisshop's



Johann Franz Encke.
(Geb. 23. September 1791, gest. 26. August 1865).

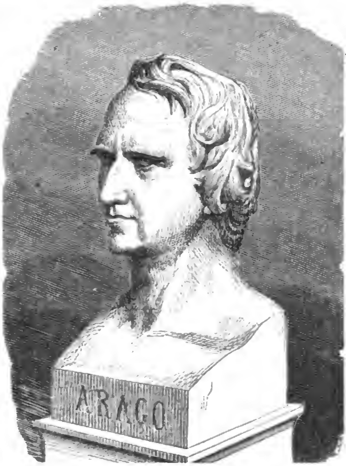
Astronomen John Russel Hind, welcher nicht weniger als eilf nach und nach entdeckte. Ihm nahe in gleicher Leistung kam De Gasparis, Astronom an der Sternwarte auf dem Capo di Monte zu Neapel. Noch übertroffen wurden Beide von einem Deutschen, Karl Robert Luther (geb. 1822, seit 1851 Direktor der Sternwarte zu Bilk bei Düsseldorf), welcher mehr als zwanzig Astroiden auffand, ebenso von dem Astronomen Goldschmidt zu Paris. Der Engländer Pogson zu Oxford, ferner Watson zu Ann-Arbor, und der Amerikaner C. H. Friedrich Peters (Direktor der Sternwarte zu Clinton) ermittelten ebenfalls eine namhafte Reihe kleiner Wandelsterne.

In ähnlicher Weise zeichnete sich der deutsche Astronom Johann Gottfried Galle (geb. 1812) aus, welcher nach Leverrier's Berechnungen vom Jahre 1846 den damals noch unbekannten äußersten Planeten unseres Sonnensystems, später Neptun genannt, am Himmel aufsuchte und auch alsbald am 23. September jenes Jahres glücklich entdeckte. Unter anderen verdienstvollen Leitern von Sternwarten will ich Ihnen für jetzt nur die Namen von August Ferdinand Möbius (geb. 1790, gest. 1868) in Leipzig und des letzteren Nachfolger Karl Bruhns, bekannt u. A. durch Entdeckung mehrerer Kometen, auch Friedrich Wilhelm Argelander (geb. 1799, gest. 1875) hervorheben, welcher zuerst die Sternwarte zu Abo, dann die zu Bonn leitete, über die Eigenbewegung der Fixsterne wie des Sonnensystems schrieb und neben seiner Lehrerthätigkeit noch Zeit fand, einen großen Atlas („Durchmusterung des nördlichen gestirnten Himmels") zu bearbeiten.

Von Astronomen im Auslande nenne ich Ihnen Friedrich Wilhelm Struve (1793 — 1865) zu Dorpat und Pulkowa, sowie dessen Sohn Otto Wilhelm Struve, ferner den Briten George Biddel Airy, seit 1836 an der berühmten Sternwarte zu Greenwich, auch d'Arrest, Direktor der Sternwarte zu Kopenhagen (gest. 1875). Von Besitzern hervorragender Privatsternwarten möchte ich Ihnen namhaft machen Friedrich v. Krosigk in Berlin, Samuel Heinrich Schwabe in Dessau, die Engländer Lord Rosse (geb. 1800, gest. 1869) zu Birr-Castle bei Parsons, Bishop in Twickenham, Stowe in Kings County; ich werde noch Gelegenheit haben, auf diese und andere Namen im Laufe meiner Darlegungen zurückzukommen. Zuletzt darf ich nicht verschweigen, daß sich auch Frauen durch ihr Interesse an der Sternkunde, ja selbst als astronomische Rechnerinnen, verdient gemacht haben; ich denke z. B. an die Verehrerin Kepler's, Marie von Lewen (gest. 1664), welche über die Planetenörter Berechnungen aufstellte, ferner Madame Lepaut (gest. 1788), bekannt durch ihre Vorausberechnung des Halley'schen Kometen; vornehmlich erwähne ich aber Karoline Herschel, welche u. A. neun Kometen entdeckte, und Herzogin Louise, Gemahlin des Freundes der Astronomie Herzog Ernst von Gotha, welcher die Berufung eines astronomischen Kongresses im Jahre 1798 zugeschrieben wird.

Während mehrere der genannten Himmelsforscher gleich einer großen Zahl anderer nicht minder fachkundiger Gelehrten an den verschiedenen Sternwarten die täglich angestellten Beobachtungen des Himmels überwachten, haben sich einige unter ihnen noch besonders verdient gemacht um die Verbreitung der Kenntnisse in ihrer Wissenschaft, sei es in allgemein verständlich abgefaßten Werken (z. B. den Schriften und Büchern von Euler, Mädler, K. v. Litrow,

Piazzi, Schubert u. s. w.), sei es auch durch öffentlich abgehaltene Vorträge. Unter den in beiderlei Richtung thätigen Männern verdient vorzugsweise der französische Naturforscher und Direktor der Pariser Sternwarte Franz **Arago** (geb. 1786. gest. 1853) genannt zu werden, welcher sowol durch seine populäre Astronomie, als durch seine regelmäßigen (von 1812 ab fast unausgesetzt bis 1845 im Observatorium abgehaltenen) Vorlesungen viel dazu beigetragen hat, die Lehren unserer Wissenschaft dem Volke näher zu führen. Man kann sich kaum eine Vorstellung von dem erstaunlichen Zusammenfluß von Zuhörern der verschiedensten Klassen machen, die sich zu den populären und allseitig ansprechenden Vorträgen des allgemein beliebten Mannes der Wissenschaft drängten. Studirende und Arbeiter, Militärpersonen und Kaufleute, Angehörige der höchsten Gesellschaftskreise wie der niedrigsten Stände, selbst eine große Anzahl Frauen, folgten im stets überfüllten Auditorium mit gespanntem Interesse dem geistvollen Astronomen, der seine Zuhörer mit hinreißender Beredtsamkeit durch alle Räume des Himmels führte und ihnen die ewigen Gesetze des Weltalls entwickelte.



Dominique François Arago.
(Geb. 26. Februar 1786, gest. 2. Oktober 1853).

Sie haben hier in kurzen flüchtigen Zügen ein Bild geschichtlicher Entwicklung der Astronomie; ich mußte freilich manche reiche und interessante Partie mit Stillschweigen übergehen, weil Ihnen noch die Vorkenntnisse zum näheren Verständnisse mangeln. Aber schon aus den wenigen Andeutungen, die ich Ihnen jetzt geben konnte, wird Ihnen klar geworden sein, daß die Himmelskunde ehrwürdig durch ihr Alter, interessant durch ihre Geschichte und bewundernswürdig durch ihre gegenwärtige Ausbildung dasteht. Und so betrachtet darf denn auch ein Ausflug in den Himmelsraum zu den genußreichsten Reisen gezählt werden."

Da ertönte die Stimme des Schiffers; der Kahn stieß an das Land, wir erstiegen das Ufer. Unter heiterem Gespräche wanderten wir durch die stille Nacht unserem Heimatsorte zu. Hell leuchteten die Sterne über unserem Haupte, und im Osten stieg des Mondes glänzende Scheibe an dem Horizonte auf und sandte blinkende Strahlen auf die plätschernden Wellen des Flusses nieder. Zuletzt trennten wir uns mit dem festen Versprechen, uns alle zu der verabredeten Wanderung durch die Himmelsräume wieder zusammen zu finden. Will der freundliche Leser sich uns anschließen, so wird er willkommen sein.



Zweites Kapitel.

Der Weltraum.

Und hättest Du den Ozean durchschwommen,
Das Grenzenlose dort geschaut,
Dort sähest Du doch Well' auf Welle kommen,
Selbst wenn es Dir vorm Untergange graut; —
Säh'st Wolken ziehen, Sonne, Mond und Sterne. —
Nichts wirst Du sehen in ewig leerer Ferne,
Den Schritt nicht hören, den Du thust,
Nichts Festes finden, wo Du ruhst.

„Bei unserem Ausfluge in den Himmelsraum werden wir zunächst unsere Phantasie durchaus zu Hause lassen," begann ich unsere Unterhaltung.

„Aber die Phantasie," fiel ein Mitglied der Gesellschaft ein, „sollte doch nicht aus dem Himmel verbannt sein, da sie doch nur Luft und nichts als Luft braucht, ein Nahrungsmittel, auf das man wenigstens früher gern unsere deutschen Dichter anzuweisen pflegte."

„Weil sie eben diese Luft dort oben nicht finden würde," entgegnete ich, „weil die Luft ein viel zu gemeines, grobes Ding für den Himmel wäre. Um Sie davon zu überzeugen, muß ich Sie an die Kometen erinnern, deren einer noch vor Kurzem wieder einmal, trotz aller Aufklärung unserer Zeit, die Gemüther mit lächerlichem Schrecken erfüllt hat. Sie werden davon gehört haben, daß sich im Jahre 1819 unsere Erde 24 Stunden lang in dem Schweife eines Kometen befand, ohne daß weder die damaligen Lungen und Nasen, noch auch die empfindlichsten Barometer das Geringste davon gespürt hätten. Sie werden

gewiß auch gehört haben, daß nicht blos durch den Schweif, sondern selbst durch den Kern der Kometen die Sterne, und zwar in unverändertem Glanze und ohne die geringste Strahlenbrechung zu zeigen, sichtbar sind. Nun kennen wir auf Erden keine Luftart, die, wenn wir sie auch noch so sehr verdünnten, nicht eine Lichtschwächung und Lichtbrechung bewirkte. Dennoch können die Kometen unmöglich massenlose, körperlose Wesen sein. Das beweisen einerseits ihre oft sehr scharfen Umrisse, andererseits schon ihre Sichtbarkeit, d. h. ihre Zurückwerfung des Sonnenlichts, die nur an körperlichen Flächen stattfinden kann, endlich die Wirkungen der Massenanziehung, die sie in unserem Planetensystem erfahren, die Verzögerung oder Beschleunigung ihres Laufes durch die Weltkörper denen sie begegnen. Freilich muß diese Körperlichkeit eine außerordentlich geringe sein, da trotz der schärfsten Beobachtung sich noch nicht die geringste Spur einer Rückwirkung ihrer Massen auf die großen planetarischen Massen verrathen hat, so wenig wie etwa die Wirkungen eines Thautropfens oder eines Sandkorns an einem mächtigen Felsen wahrgenommen werden. Es ist Ihnen vielleicht bekannt, daß der Astronom es versucht hat, die Weltkörper zu wägen, und ich werde Ihnen später zeigen, daß er bei den Planeten und selbst bei fernen Fixsternen darin ziemlich glücklich gewesen ist. Aber bei den Kometen haben diese Versuche immer nur zu negativen Resultaten geführt, d. h. sie haben selbst bei einem so großen Kometen, wie der von 1770, ergeben, daß seine Masse noch nicht den 5000. Theil der Erdmasse betragen kann. Es bleibt uns also Nichts übrig, als den Kometen eine Dünnheit zuzuschreiben, welche für irdische Stoffe keine Vergleichung mehr zuläßt, eine Dünnheit, welche vielleicht mehrere tausend Male selbst unsere verdünnteste Luft übertrifft. Wollen Sie sich durchaus ein Bild von der Massenhaftigkeit jener gefürchteten Weltkörper verschaffen, so denken Sie sich meinetwegen eine Luftblase gegenüber dem dichtesten und schwersten irdischen Metall, dem Golde oder Platin."

„Sie werden fragen: Wozu das Alles? Nun, ich wollte Ihnen eine Vorstellung von der Natur des Raumes verschaffen, den wir zu durchwandern haben. Sie werden zugeben, daß, wenn eine so dünne und zarte Körperlichkeit in jenen Räumen sich behaupten und ungehemmt und ungestört in geregelten Bahnen sie durchschweben soll, diese umgebenden Räume von noch weit dünnerer und zarterer Natur sein müssen, als das, was in ihnen als abgeschlossener Körper gilt. Leer, stofflos kann aber dieser Raum nicht sein. Das ist schon an und für sich wenig wahrscheinlich, wenn auch, wie neuere Untersuchungen gezeigt haben, die Hemmung im Laufe eines Kometen wahrscheinlich nicht auf ein widerstehendes Mittel zurückgeführt werden kann. Doch scheint darauf allerdings die Verdunstung mächtiger Kometenschweife hinzudeuten. Das beweist aber am unwiderleglichsten das wogende Meer der Licht- und Wärmewellen, die von Ewigkeit her und aus unendlichen Fernen von Stern zu Stern, von Sonnen zu Planeten strömen. Ist das Licht einmal, wie es auf dem heutigen Standpunkt der Wissenschaft unumstößlich erscheint, als Bewegung erkannt, so fordert diese Bewegung auch einen Träger, einen Stoff, und diesen raumerfüllenden, stofflichen Träger des Lichts hat man Aether genannt. Wollen Sie es versuchen — und Sie können es, wenigstens mit dem Verstande, freilich nicht mit der Phantasie, die vor solchem Abgrunde zurückschrecken würde — wollen Sie es versuchen, sich diesen Aether weiter

auszumalen, so denken Sie daran, daß selbst die Atmosphäre, die unsere grobe Erde zunächst umgiebt, mehrere tausend Mal dünner ist als die mittlere Dichtigkeit des Erdkörpers selbst. Verdünnen Sie sich also auch diesen Aether in entsprechender Weise, damit die freilich an sich schon ziemlich ätherischen Kometen darin schwimmen können." — „Lieber Freund," unterbrach mich eine meine Zuhörerinnen, „ich muß Ihnen gestehen, meine Reiselust beginnt etwas zu schwinden. Geben Sie uns einen Ersatz für die liebe Himmelsluft, die Sie so kaltblütig aus dem himmlischen Inventarium streichen, da Sie uns doch unmöglich zumuthen, Kometen zu werden, um in Ihrem Aether existiren zu können!"

„Im Gegentheil," fuhr ich fort, „muß ich Ihnen noch mehr von dem rauben, woran Sie Ihre irdische Behaglichkeit zu knüpfen gewohnt sind. Der Name „Aether" könnte leicht eine ganz falsche Vorstellung von den Wärmeverhältnissen des Weltraumes in Ihnen erregen, und Sie könnten an eine Feuerluft denken, wie sie die Alten sich vorstellten. Sie scheinen zu bezweifeln, daß man im Stande sei, über die Temperatur des Raumes irgend eine Gewißheit zu erlangen. Unmittelbar mit dem Thermometer können wir es freilich nicht, wol aber durch Schlüsse, die sich auf irdische Verhältnisse gründen. Die von den Sonnenstrahlen erwärmte Erdoberfläche und der Luftkreis selbst bis zu seinen höchsten Schichten strahlen beständig Wärme gegen den freien Himmelsraum aus. Der Wärmeverlust, den unsere Erde erleidet, muß offenbar dem Temperaturunterschiede des Weltraumes und der Luftschichten entsprechen. Die niedrigste Temperatur unserer Erde wird darum gewissermaßen eine Ausgleichung beider Wärmequellen bezeichnen und also dem höchsten Temperaturgrade des Weltraumes nahe sein. Zugleich wird jene Welttemperatur auch nicht allzu tief unter diesen höchsten Kältegraden liegen dürfen, da sonst die Wärmeverluste der Erde bald in erschreckendem Maße wachsen müßten. Somit ergiebt sich uns für die Temperatur des Weltraumes etwa eine Temperatur von — 50° bis 60° des hunderttheiligen Quecksilberthermometers, eine Kälte, wie sie nur an seltenen Tagen in den fürchterlichen Einöden Sibiriens oder der eisigen Inselwelt des nördlichen Amerika beobachtet worden ist. Wir wollen aber diese Angabe nicht blos als eine annähernde, sondern auch nur als eine durchschnittliche gelten lassen. Denn auch der Astronom muß zugeben, daß die Wärmequellen des Weltraumes mannichfaltige und wechselnde sind. Ich will hier nicht einmal besondern Werth legen auf die im Innern und an der Oberfläche der Weltkörper beständig stattfindenden, von Humboldt als elektromagnetisch bezeichneten Prozesse, welche uns als Licht kund werden, wiewol auch sie nach heutigen physikalischen Begriffen ohne Wärmeentwicklung nicht denkbar sind. Aber jedenfalls werden Ihnen als solche Wärmequellen wirkliche Verdichtungsprozesse einleuchten, wie sie offenbar dort oben stattfinden. Denn jede Verdichtung, jeder Uebergang des Gasförmigen oder Flüssigen zum Starren ist von einer Wärmeentbindung begleitet. Die Urgeschichte unserer Erde und was wir von den Oberflächen der Planeten wissen, weist uns ja darauf hin, daß aus dunstförmigem Zustande Erde und Planeten erstarrten, und daß sie dem Gestaltungsprozesse der sich ballenden Materie den Ursprung ihrer inneren Wärme verdankten. Warum soll also nicht auch in den fern aufglimmenden Punkten des Himmels solch ein Ver-

dichten und, ich möchte sagen, Aufrollen von Nebeln stattfinden, das für gewisse Regionen des Weltraumes natürlich auch eigenthümliche Wärmeverhältnisse bedingen wird! So machen Sie sich denn gefaßt, auch verschiedenen Wärmestrichen auf unserer Wanderung durch den Himmelsraum zu begegnen. Freilich werde ich Ihnen nach irdischen Begriffen kaum größere Behaglichkeit versprechen können, als sie etwa ein sibirisches Winterklima zu bieten hat."

„Nun, das muß ich gestehen," fiel mir ein Zuherer ein, „Sie wenden wahrhaftig keine Lockmittel an, um für Ihre Wanderung zu werben, und ich möchte Ihnen rathen, in dieser Weise kein irdisches Reisehandbuch zu schreiben. Wäre ich doch neugierig, was Sie uns noch von irdischer Luft zurauben vermöchten."

„O, doch noch eines," entgegnete ich auf den Scherz eingehend, „das Licht, — ich meine nicht den strahlenden Glanz der Gestirne, sondern das milde, süße Himmelslicht, das die irdische Atmosphäre erfüllt, das dem Himmel sein sanftes Blau und der Flur den prangenden Farbenschmuck leiht, das wie ein duftiger Schleier alle irdischen Dinge umfließt! Sie wissen noch gar nicht, was wir Menschen an dieser Atmosphäre haben! Nicht die Boten des Himmels selbst, die zarten Lichtwellen sind es, die Sie erblicken, sondern nur ihr Abglanz, die erleuchtete Luft schafft unsere Tageshelle. Könnten Sie sich nur einmal in einem Luftballon über die dichteren Dunstschichten unserer Atmosphäre erheben, da würden Sie das Blau des Himmels schwinden sehen, eine dunkle, schwarze Nacht würde Sie umfangen, aus der in ungetrübtem, blendendem Glanze die scharf begrenzte Sonnenscheibe mitten in dem Heere der nicht mehr funkelnden, sondern ruhig glimmenden Sterne Ihnen entgegenstrahlte. Solch eine ewige Sternennacht erwartet uns auch dort oben. Tag und Nacht, wie sie uns Menschen einzig taugen, auf sie verzichte, wer sich zu den Räumen des Aethers emporschwingt! Nacht und Schweigen, das ist der Charakter des Aethers; kein Laut, kein Ton dringt dort in unser Ohr, kein Sonnenstäubchen durchzittert den schweigenden, ruhenden Ozean!"

„Also ohne Luft, ohne Licht, ohne Laut, eisig, dunkel, todtenstill! — eine solche Welt sollen wir gegen diese materielle, geräuschvolle und staubige, aber doch so liebe und schöne irdische Heimat eintauschen!" — entgegnete man mir. „Ich will zwar nicht fragen, wie Sie uns dort oben erhalten wollen, wo mir doch selbst für Ambrosia und Nektar wenig Aussicht scheint; aber sagen Sie mir um des Himmels willen, mit welcher künstlichen Flugmaschine können Sie uns hinauf befördern? Selbst die Flügel des Sturmwindes haben Sie sich ja unmöglich gemacht, da Sie jenen Räumen die Luft streitig machen!"

„Die Flügel des Sturmwindes?" erwiederte ich. „Auf solche Beförderungsmittel würden Sie selbst bald verzichten, wenn Sie an die Größe der Strecken, an die Unermeßlichkeit der Räume dächten, die wir zu durchwandern haben. Der Sturmwind? Nun wohl, er mag manchmal 15 ja 20 Meter in 1 Sekunde, er mag ganze Länder in wenigen Stunden durchtoben; aber für unsere himmlischen Räume würde er nicht einmal zu einer Spazierfahrt taugen. Selbst zu unserem nachbarlichen Monde würde er uns erst in $9\frac{1}{2}$ Monaten hinauftragen. Aber wir wollen weiter, viel weiter; wir haben keine Zeit, uns an solchen

Schneckenschritt zu binden. Haben Sie etwa 315 Jahre zu leben, um auf den Flügeln des Sturmwindes auch nur zur Sonne zu kommen?"

„Wahrhaftig!" fiel mir einer meiner Zuhörer ins Wort, „Sie hätten Ihren Rath sparen können, unsere Phantasie zu Hause zu lassen. Sie würde uns bald genug von selbst im Stiche gelassen haben."



Darstellung der im Sonnenraum freischwebenden Erde.

„Gerade so rathlos, meine Freunde," fuhr ich fort, „standen auch einst, d. h. vor Jahrtausenden, unsere Vorfahren in mancher heiteren Sternennacht, sehnend den Blick zum Horizont gerichtet, wo vor Kurzem der glühende Sonnenball niedersank. Da ward es ihnen plötzlich, als nahten hülfreiche Geister, als flüsterte es leise um sie: Wir sind Boten von dort oben, wir wollen euch tragen; versucht es nur, vertraut euch unseren zarten Wellen, und ihr werdet auf ihnen gleiten zu jenen Wunderwelten, von denen wir stammen! Wer seid ihr, himm-

liche Wesen? fragten unsere Ahnen erstaunt. Ihr saht uns oft, erwiederten sie, wir spielten und plauderten mit euch; aber ihr achtetet unser nicht, ihr verstandet uns nicht, weil ihr die Sehnsucht nicht kanntet. Wir sind die Lichtstrahlen jener Welten, die auf den Wellen des Aethers hin und wieder schweben. Nun begannen die sinnreichen Versuche, die Lichtstrahlen zu zähmen und einzuspannen. Hatte es aber schon Jahrhunderte lang gefahrvoller Mühen bedurft, die groben und schweren Wellen des Meeres unter die Herrschaft des Menschen zu beugen, so war es doch noch schwieriger. den flüchtigen Aetherwellen beizukommen. Endlich aber war die Kunst ihrer Zähmung gefunden. Getrost schwang man sich auf den Rücken des Lichtstrahls, und kaum eine Sekunde dünkte verflossen, da war man bereits am Monde vorübergesaust; nur wenige Minuten weiter, da schwebte schon der ungeheure Sonnenball vor den erstaunten Blicken. Bald entschwand auch dieser wieder, und immer tiefer tauchte der Mensch vom Lichtstrahl getragen in die Nacht des unendlichen Raumes. Die Planeten flogen vorüber gleich den Wärterhäuschen an einer Eisenbahn; er durchschnitt einen Schwarm zahlloser Feuerkugeln und Sternschnuppen; er eilte vorüber an den Planetoiden, dann an dem mächtigen Ball des Jupiter und seinen Monden, am Saturn mit seinen seltsamen Ringen, am Uranus mit seinen 42jährigen Tagen und Nächten und nahte dem äußersten Planeten unseres Sonnensystems, dem durch einen der höchsten Triumphe menschlicher Wissenschaft den Erdbewohnern bekannt gewordenen Neptun. Ueber $4^1/_4$ Stunden waren verflossen, seit er mit seinem ätherischen Rosse von der Erde aufbrach, und noch schimmerte ein reiches Ziel in unendlicher Ferne.

Ohne Rast eilte er weiter. Er stürzte sich in das Gewühl der zahllosen Kometen, die nach allen Seiten hin jene Räume durchstreifen; er tauchte in ihre Millionen Meilen langen Schweife und ergötzte sich an den seltsamen Gestalten und dem luftig zarten Stoff ihrer Kerne, gegen welchen der feinste Nebel auf unserer Erde noch dicht zu nennen wäre. Er grüßte den gesegneten Kometen des Jahres 1811 mit seinem prachtvollen Doppelschweife, der wie ein glänzender Schleier seinen Kopf umwallte. Er drang mitten durch das Herz des gefürchteten Kometen von 1556, der einst Kaiser Karl V. zur Niederlegung seiner Krone bestimmte, und dessen irrthümlich erwartete Wiederkehr noch in unseren Tagen der Aufklärung Millionen Herzen mit Angst erfüllte. Tage lang sauste er, vom Lichtstrahl getragen, in schwindelndem Fluge dahin, und immer wieder tauchten neue Kometen in den Tiefen des Raumes auf, Kometen, die vielleicht erst nach Jahrtausenden irdischem Auge erscheinen werden. Trotz des schwindelnden Fluges waren also noch nicht einmal die Grenzen unsers Sonnengebietes erreicht.

Da schaute er denn zurück auf das Weltengewühl, das er verlassen, auf die Tausende bunter Weltenformen, hier in dichte, schwere Kugeln geballt, dort ätherisch leicht in ungeheure Räume ausgedehnt, alle von einer Ordnung, einem Willen umfaßt, alle einer mächtigen Herrscherin, der Sonne, huldigend und sie umkreisend, wie an unsichtbaren Fäden gezogen. Endlich schwanden auch die letzten vereinzelten Wanderer dieses Reiches hinter dem kühnen Lichtreisenden. Eine fremde Welt nahm ihn auf. Der Flug des Lichtes erlahmte in dieser weiten Einöde, und noch immer derselbe Sternenschimmer

in derselben nebelnden Ferne! — Was ist das für ein glänzender Stern dort gerade vor uns, dem wir entgegen zu eilen scheinen? fragt er seinen ätherischen Freund. — Den solltest du doch kennen, flüstert der Lichtstrahl, deine irdischen Brüder im Süden sind ja so stolz auf diesen funkelnden Schmuck ihres Himmels, den prächtigen Stern des Centauren! Das ist übrigens in der That unser nächstes Reiseziel, der erste Ruhepunkt, den wir in weitem Umkreise finden werden. Viertehalb euerer Erdenjahre sind freilich verflossen, seit diese Lichtstrahlen, die hier an uns vorübergleiten, von jener Nachbarwelt ausgingen. — Viertehalb Jahre? — fragte der Wanderer erstaunt. — Und wie lange soll unser Flug währen, bis wir in die schimmernden Nebel der Milchstraße eintauchen, die mir noch immer gerade so fern dünkt, als sie mir auf Erden schien? — Wol tausend Jahre, erwiederte der Lichtstrahl gleichgiltig — eine Kleinigkeit für uns Kinder der Unendlichkeit! — Aber eine Ewigkeit für uns Kinder der Erde! — rief der kühne Himmelsstürmer erschreckt, und der Flug des Lichtes, der ihm eben noch Schwindel erregte, dünkte ihm jetzt nur noch ein langweilig schleichender Schneckenschritt. — Warum wagst du dich in diese Räume, wenn die Ewigkeit dich schreckt? — spottete der Lichtstrahl. Sieh, achttausend Jahre lang fliegen wir von einem Ende des schimmernden Sternenhimmels über dir zum anderen. Und jenseits grüßen uns wieder neue, größere Weltensysteme.

Nicht umsonst sollst du gewarnt haben, dachte der Mensch, und erinnerte sich jener schönen nordischen Sage, welche den schnellsten Läufer des erd- und meererschütternden Thor durch einen unbekannten Gegner im Wettlaufe besiegen läßt. Dieser unbekannte schnellfüßige Sieger war der Gedanke! Du magst gut sein, rief er verächtlich dem Lichtstrahl zu, als Bote von Welt zu Welt zu wandern und die Sehnsucht und das Leben der Welten zu verkünden; aber dem forschenden Menschengeiste bist du ein träger Geselle. Nur der Gedanke mag ihn durch die Räume des Himmels tragen.

Auf flüchtigeren Schwingen schwebte der Mensch nun dahin zu den funkelnden Sternen. Erde und irdisches Maß waren vergessen. Frei schweifte er rechts und links, hier und dorthin, dem Zuge der Neugierde folgend. Riesige Sonnen, hundertmal an Glanz und Größe die bekannte übertreffend, begegneten ihm; dichter und dichter scharten sich die Welten und vereinigten sich zu Gruppen, die in lustigem Tanze durch einander wirbelten. Hin und wieder fing er wol auch einen Lichtstrahl auf, der aus den fernen Nebelregionen herüber kam, und er forschte ihn aus und erhielt Kunde auch von den Wundern jener Ferne, für welche die Phantasie vergeblich nach Bildern suchen würde."

„Sie haben uns da ein Märchen erzählt" —

„Unser eigenes Reisemärchen," fiel ich schnell ein, in dem Sie alle Ihre Rolle übernehmen sollen. Ich denke, Sie werden mich schon verstanden haben, und werden es noch besser, wenn ich mich prosaischer ausdrücke. Was ich Ihnen von dem wunderbaren Fluge des Lichtes erzählte, war schon nüchterne Prosa. Jene eigenthümliche Wellenbewegung, die wir Licht nennen, wenn sie von den mitschwingenden Nerven unseres Auges empfunden wird, besitzt in der That eine solche Geschwindigkeit, die von unserer Phantasie nicht mehr erfaßt, von der Wissenschaft aber dennoch gemessen werden kann. Sie fragen, wie das möglich

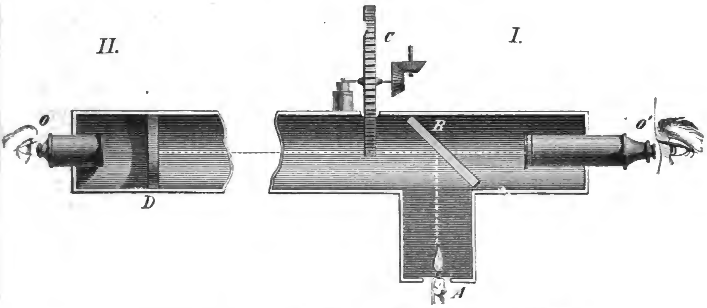
sei? Nun, denken Sie sich eine Erscheinung am Himmel, die regelmäßig nach unabänderlichem Gesetz und, ohne ihren Ort wesentlich zu verändern, in bestimmten Zeiträumen sich wiederholte, denken Sie sich dann, wir könnten während solcher Zwischenzeiten uns eine Strecke weit entfernen, so weit freilich, daß sie für die Geschwindigkeit des Lichtes noch von einiger Bedeutung bliebe: so würden wir doch offenbar die wiederkehrende Erscheinung nicht mehr in den gleichen Perioden, sondern bei jeder Wiederkehr etwas verspätet beobachten. Diese Verspätung nun würde im Verhältniß zu der vergrößerten Entfernung natürlich die Geschwindigkeit des Lichtes messen. Eine solche Erscheinung giebt es am Himmel in der That, und sie gewährte schon vor Jahren das Mittel zur Messung dieser geschwindesten aller Bewegungen. Dort oben im Südwesten steht der Jupiter, und in seiner Nähe würde das Fernrohr Ihnen seine vier Monde entdecken, die ihn nach ewigen Gesetzen umkreisen, gerade wie unser Mond unsere Erde, der nächste jedesmal in 42 Stunden 28 Minuten. Bei jeder Umkreisung tritt dieser Mond seiner großen Nähe wegen einmal in den Schatten seines gewaltigen Hauptplaneten; der Astronom sieht ihn sich verfinstern. Genau wie der Lauf des Mondes sollten nun auch diese Verfinsterungen eintreten, und der Uhr und dem Auge des gewöhnlichen Beobachters würde es freilich auch so scheinen. Aber der Astronom sieht und mißt anders. Der Däne Olof Römer beobachtete schon im J. 1675, daß der Eintritt der Verfinsterung sich regelmäßig um 14 bis 15 Sekunden verzögerte, wenn die Erde sich in ihrem Laufe vom Jupiter in gerader Richtung entfernte. Was war also einfacher, als diese Verzögerung aus der Zeit zu erklären, welche das Licht des Jupiter und seines Mondes zum Durchlaufen dieses größeren Raumes gebrauchte? Die Erde hatte sich aber in den 42 Stunden 28 Minuten um 4,425,000 Kilometer oder 590,000 Meilen entfernt, das Licht hatte also in jeder Sekunde etwa 315,750 Kilometer oder 42,100 Meilen zurücklegen müssen. Das ist freilich eine Geschwindigkeit, wie sie uns für irdische Verhältnisse kaum meßbar erscheint, die millionenmal die Geschwindigkeit des Schalls, 10,000 Mal den Flug der Erde übertrifft!"

„Was Ihr Naturforscher nicht Alles zu messen versteht!" unterbrach mich einer meiner Zuhörer. „Freilich kommt Euch dabei die ungeheuere Ausdehnung des Weltraumes zu Statten, durch die Ihr jeden Augenblick in eine meßbare Zeit zu dehnen vermögt. Aber wunderbar ist Euer Scharfsinn doch, und verwundern sollte es mich nur, wenn unter Eueren Händen nicht einmal die Gedankenblitze des Dichters ebenso wie die Luftblitze der Sterne in Zahlen erstarrten!"

„Das ist in der That nichts so Unmögliches!" erwiederte ich. „Gebt uns eine Bewegung, und wir wollen die Uhr schon finden; an der wir sie messen. Der Ungeheuerlichkeit des Raumes bedarf es bei uns gar nicht einmal. Die Wissenschaft weiß nicht blos den Flug des Lichtes für Strecken, wie von der Sonne zur Erde, sondern sogar für kurze irdische Strecken, für Strecken von 4 Metern zu messen. Denken Sie, was das heißt! Eine solche Strecke entspricht für den Flug des Lichtes ungefähr dem 77,000,000. Theile einer Sekunde! In der That, die Wissenschaft hat selbst in ihren großartigsten Schöpfungen nichts Sinnreicheres erdacht, als die Uhr, welche Milliontheile einer Sekunde zählen lehrt! Die Kunst dieser Messung beruht einfach in der Umwandlung

der Zeit in scheinbare Raumdistanzen, und das Mittel zu dieser Verwandlung ist eine meßbare Bewegung von außerordentlicher Geschwindigkeit. Sie werden leicht begreifen, daß man mit Hülfe zweckmäßig verbundener Zahnräder im Stande ist, Umdrehungen von beliebiger Geschwindigkeit hervorzubringen. Man hat Apparate gebaut, in denen ein Cylinder in jeder Sekunde 1000—1500 Umläufe um seine Axe vollendet. Ist nun der Umfang eines solchen Cylinders selbst wieder eingetheilt, meinetwegen in 360 Grade, so entspricht jeder Theilstrich des rotirenden Cylinders dem 360,000. resp. 540,000. Theile einer Sekunde. Nimmt man das Mikroskop zu Hülfe, so kann man noch kleinere Theile unterscheiden, die also recht gut Zehn- und Hundertmillionteln der Sekunde entsprechen können. Ist also ein Ereigniß von so außerordentlich kurzer Zeitdauer zu messen, so genügt es, seinen Anfang und sein Ende sich selbst durch Marken, etwa durch die von elektrischen Funken zurückgelassenen Punkte verzeichnen zu lassen, und der Abstand dieser Marken von einander wird den sichersten Schluß auf die verflossenen Zeittheilchen gestatten. Die Messung der Lichtgeschwindigkeit erfordert statt des rotirenden Cylinders einen rotirenden Spiegel. Erzeugt man nun an einer und derselben Stelle schnell hinter einander zwei Lichtblitze, etwa zwei elektrische Funken, oder läßt man, wie es hier der Zweck erfordert, einen solchen dicht vor dem rotirenden Spiegel erzeugten Funken von einem 2 Meter entfernten ruhenden Spiegel zurückwerfen und also nach einem Umwege von 4 Metern auf dieselbe Stelle des rotirenden Spiegels zurückkehren, so werden diese beiden Funken, in dem rotirenden Spiegel gesehen, nicht mehr an derselben Stelle erscheinen, wenn in der Zwischenzeit der Spiegel nur irgend merklich seine Lage ändern konnte. Durch ein Fernrohr läßt sich aber der Abstand dieser Bilder genau beobachten, der Winkel, unter dem sie erscheinen, messen, die vom Spiegel durchlaufene Strecke und damit endlich die zwischen ihren Erscheinungen verflossene Zeit berechnen. Eine sehr sinnreiche Methode, um die Geschwindigkeit des Lichtes zu messen, hat der Physiker Fizeau angewandt. Ich habe hier eine Zeichnung des Apparates, dessen er sich bediente. Derselbe besteht zunächst aus zwei Röhren, welche in der Zeichnung durchschnitten dargestellt und mit I und II bezeichnet sind. Beide Röhren wurden etwa eine Meile von einander entfernt aufgestellt und mittels der Fernrohre 0 und 0′ genau gegen einander gerichtet. Die Röhre auf der Station I besitzt bei B eine gut polirte, völlig ebene Glasplatte, welche um einen Winkel von 45° gegen die Verbindungslinie 00′ geneigt ist. In A befindet sich eine Gasflamme, die ihr Licht auf den Spiegel B wirft, wo es zum Theil durchgelassen, zum Theil aber in der Richtung der Röhre II gespiegelt wird. Hier befindet sich nun bei D, senkrecht zur Verbindungslinie 00′ ein ebener Spiegel, welcher den auffallenden Lichtstrahl in derselben Richtung, aus welcher er kam, wieder zurückwirft, worauf dieser die Glasplatte B passirt und in das Auge 0′ des Beobachters tritt. Dieser letztere erblickt also das Licht A, welches sich seitwärts neben ihm befindet, in der Richtung D, nachdem die Lichtstrahlen, um in sein Auge zu gelangen, den Weg ABD und DB0′ zurückgelegt haben. Bei C befindet sich nun ein Rad, welches an seinem Umfange eine große Anzahl von Einschnitten oder Zähnen besitzt, die genau in der Mittellinie des Apparates liegen. Dieses Rad läßt sich mit großer

Schnelligkeit um seine Axe drehen, sodaß abwechselnd ein Zahn und eine eben so breite Lücke über die Mittellinie OO' hinweggeht. Wenn nun der Lichtstrahl von A über B nach D hin geht, so kann er den Spiegel in D offenbar nur treffen, wenn kein Zahn im Wege steht und ebenso kann der Beobachter in O' das Bild der Flamme A in dem Spiegel D nur erblicken, wenn der Strahl von D auf seinem Rückwege eine Lücke des Rades antrifft. Wir wollen jetzt annehmen, das Rad stehe still und zwar mit einer Lücke über der Linie OO'. In diesem Falle geht der Lichtstrahl von B durch die Lücke hindurch, erreicht den Spiegel D, kehrt wieder um, passirt abermals die Lücke und erscheint dem Auge in O'.



Fizeau's Vorrichtung zur Messung der Geschwindigkeit des Lichtes.

Zwischen dem Hin- und Hergang des Strahles durch die Zahnlücke verfließt eine wenn auch kleine Zeit und es ist einleuchtend, daß, wenn während dieser Zeit das Rad sich so schnell drehte, daß nun ein Zahn an Stelle der Lücke träte, der Strahl nicht durchpassiren könnte und das Auge in O' kein Bild von A mehr wahrnehmen würde. Die Zeit, welche das Rad gebrauchte, um diese Drehung auszuführen, muß natürlich gleich sein derjenigen, welche der Lichtstrahl nöthig hat, um die Entfernung zwischen dem Rade und dem Spiegel D zweimal zu durchlaufen. Das ist in Kürze das Prinzip der von Fizeau angewandten Methode. Bei seinen Versuchen war die Entfernung des Spiegels 1,2 Meile und das Rad besaß 720 Zähne, sodaß jeder Zahn und jeder Einschnitt $\frac{1}{1440}$ des Kreisumfanges betrug. Es fand sich, daß bei 126 Umdrehungen des Rades pro Sekunde Verdunklung eintrat, der Lichtstrahl gebrauchte also $\frac{1}{126} \times \frac{1}{1440}$ $= \frac{1}{18144}$ Sekunde, um zweimal den Weg von 1,2 Meile zu durchlaufen, seine Geschwindigkeit pro Sekunde beträgt daher $18144 \times 2{,}4 = 43545{,}6$ Meilen. Dieses Resultat ist natürlich nur eine Annäherung an die Wahrheit. In der That hat Foucault in Paris mit einem ähnlichen Apparate, der die höchste Genauigkeit gewährte, die Geschwindigkeit des Lichtes zu 301,192 Kilometern oder 40,159 geographischen Meilen bestimmt, und dieses Resultat kann höchstens um 80 bis 100 Meilen unsicher sein. Sind Sie schon, wie ich sehe, von dieser Genauigkeit überrascht, so werden Sie Ihre Bewunderung dem Genius jenes

Forschers um so weniger versagen, wenn ich Ihnen mittheile, daß er zu solchem Resultate gelangte, indem er bloß mit einer Entfernung von 20 Metern operirte!"

„Ist das nicht wirklich ein poetischer Aufschwung, den die Wissenschaft nimmt?" unterbrach mich mein dichterischer Freund. „Für sie giebt es auf diese Weise keinen Raum und keine Zeit mehr. Um die unermeßlichen Fernen des Himmels zu messen, verwandelt sie den Raum in Zeit, und Augenblicke dehnt sie in ein Maß, indem sie ihnen räumlichen Ausdruck verleiht. Sie spielt mit Millionen Meilen und findet Ruhepunkte in dem Lichtblitz eines Momentes!"

„Aber diese wissenschaftliche Poesie ist eine bedeutungsvolle," fuhr ich fort. „Sie haben gesehen, was die Blitzesschnelle des Lichtes für eine Bedeutung in dem Raume des Himmel erlangte, wie dieser Flug erlahmte und Jahre, Jahrhunderte und Jahrtausende bedurfte, um von Stern zu Stern zu eilen und die Welten trennenden Räume zu durchmessen. Hier wird auch der Lichtstrahl zu einem hinkenden Boten, der nur längst vergangene Dinge berichtet. Jene flimmernden Sterne sind nur noch die abgelösten Bilder einer tausendjährigen Vergangenheit, die Welten, die sie abspiegeln, sind vielleicht längst andere geworden, längst zertrümmert, und nur die kurzen Jahrtausende unserer Beobachtung erfuhren noch Nichts davon. Könnten wir jeden Lichtstrahl, der von dort herniederschießt, auf seinem schwindelnden Fluge begleiten, er würde die ganze Geschichte des Weltalls wie ein Gemälde vor unseren Blicken aufrollen. Wir würden da allen Lichtstrahlen begegnen, die von Augenblick zu Augenblick seit Millionen Jahren bis heute von unserer Erde und von den Sternenwelten ausgegangen sind, und die uns die Bilder aller dieser Zeiten abspiegeln würden von den wirbelnden Nebeln des ersten Chaos bis zu den Feuergeburten unserer Erde."

„Ist das die Prosa, mit der Sie uns drohten?" fragte man, als ich schwieg.

„Warum nicht?" erwiederte ich. „Ich wollte Ihnen nur ein Bild von der Räumlichkeit des Gebietes entwerfen, das wir bereisen wollen, und das Märchen, das ich Ihnen erzählte, zeigt Ihnen im Ernst die Mittel, mit denen man allein dort reisen kann. Wir müssen uns der Lichtstrahlen bemächtigen, und welche Künste die Wissenschaft ersonnen hat, diese geflügelten Geschöpfe zu zähmen, das sollen Sie erfahren. Mit einem Worte, Sie sollen selbst beobachten, selbst schauen. Wenn uns die Beobachtung dann im Stich läßt, wird der Gedanke in sein Recht treten, aber verstehen Sie wohl, der wissenschaftliche Gedanke, der auf ewige Zahlen sich gründet, und im Spiegel des Gesetzes schaut, was dem Auge verborgen bleibt, durch Schlüsse eindringt in Tiefen, wo der Lichtstrahl erlahmt."



Der nächtliche Sternenhimmel mit Mond und Milchstraße.

Drittes Kapitel.

Die Sternbilder.

Er hat Euch die Gestirne gesetzt
Als Leiter zu Land und See;
Damit Ihr Euch daran ergötzt,
Stets blickend in die Höh'!

Einer der reizendsten Augustabende hatte abermals eine reiselustige Gesellschaft zusammengeführt und zwar diesmal auf einem freiliegenden Hügel in der Nähe der Stadt. Noch einige Stunden vorher hatte ein heraufziehendes Gewitter unsere heutige Unterhaltung zu verhindern gedroht. Aber gerade dies hatte mich in der Wahl meines heutigen Vortrages geleitet und mich bestimmt, eben diesen Versammlungsort anzugeben. Die Nacht versprach ja nun um so klarer und durchsichtiger zu werden. Der Lichtschleier, der uns sonst die nächtlichen Heere des Himmels fast entzogen hatte, war heute gefallen, und in reinem Dunkelblau funkelte Stern an Stern.

Bald hatte sich die Gesellschaft bequem gelagert und ganz wie von selbst lenkte sich das Gespräch auf den weithin sich wölbenden Sternenhimmel. Der Wunsch der Freunde, Genaueres darüber zu erfahren, kam meinen eigenen Absichten entgegen. Nachdem alsbald meine Bedingung, daß ich in meinem heutigen und den etwaigen späteren Vorträgen systematisch vorwärts schreiten dürfe, angenommen worden, stand nichts mehr der Einführung der Freunde in die heutige Himmelskunde, soweit mathematische Vorkenntnisse nicht nöthig, entgegen.

Wenn man ein fremdes Land bereisen will (begann ich), so ist immer das Erste, was man zu thun hat, daß man sich im Voraus in diesem Lande zurecht zu finden sucht, daß man sich ein Bild von der Lage und Vertheilung der Berge, Flüsse, Ortschaften desselben verschafft. Wenn ich in eine Berggegend komme, so suche ich für meinen Theil immer so bald als möglich irgend einen hohen Punkt zu erreichen, um einen Ueberblick über das Ganze der Landschaft zu gewinnen, um mich über die Beziehungen der Einzelnheiten zu der Gesammtheit zu unterrichten. Ist das Land aber zu groß, um es mit einem Blick überschauen zu können, oder fehlt mir jeder bekannte Anhaltepunkt, an den ich die bekannten Punkte anknüpfen könnte, so muß mir eine gute Karte aushelfen. Solche Hülfsmittel werden uns nun auch für unsere Reise durch die Himmelsräume nicht fehlen. Sie damit bekannt zu machen, ist der heutige Abend sehr geeignet, da die Atmosphäre ganz besonders zu einer Aussicht einladet.

Dieser Hügel, auf dem wir stehen, oder besser gesagt, die ganze Erdkugel ist unsere hohe Warte, und wenn nicht unter uns, so doch über uns breitet sich die ganze weite Himmelslandschaft aus, die wir durchwandern wollen. Sie schauen weit hinaus in das Land bis in verschwimmende Tiefen. Aber nicht wahr, es ist doch ein wesentlich anderer Eindruck, als der, welchen Sie empfangen, wenn Sie auf eine unserer irdischen Hügellandschaften hinausschauen? Sie vermissen hier jede Perspektive; Sie sehen wol ein Nebeneinander der Dinge, aber empfinden nichts von ihrem Hintereinander; Sie unterscheiden wohl größere und kleinere Punkte, wagen aber doch nicht über wirkliche Größen- oder Entfernungsverhältnisse zu urtheilen. Woran kann das liegen? An dem Mangel von Vergleichsgegenständen doch nicht allein! Sie würden auch in einer Ihnen völlig fremden Berglandschaft, wo Ihnen die Höhe oder Entfernung auch nicht eines einzigen Berges bekannt wäre, sich doch bald in die räumlichen Verhältnisse zu finden wissen und keinen Augenblick den fernen Berg für näher halten als den wirklich nahen. Es ist eben das, was der Maler die Luftperspektive nennt, was Ihnen dieses Bild der Körperlichkeit verschafft; es ist der eigenthümliche Ton der Färbung, es sind die Unterschiede der Beleuchtung, die Schlagschatten, welche es machen, daß die fernen Gegenstände sich noch so deutlich von einander abheben. Diese Luftperspektive fehlt der Himmelslandschaft gänzlich. Darum sehen Sie hier in der That nicht leuchtende Kügelchen, sondern Scheibchen, und diese nicht hintereinander, sondern nebeneinander wie auf eine Fläche angeheftet. Darum macht Ihnen die Himmelslandschaft fast den Eindruck einer großen, glänzenden Himmelskarte. In der That ist zwischen dem wirklichen Anblick des gestirnten Himmels und dem einer Himmelskarte kein so wesentlicher Unterschied, wie etwa zwischen dem Anblick einer grünen irdischen Landschaft und einer Landkarte. Hier ist der Unterschied eigentlich nur der eines Originals und einer Kopie. Aber darum ist auch eben wieder eine Himmelskarte für die wirklichen Raumverhältnisse des Himmels durchaus nicht das, was eine Landkarte für die räumlichen Verhältnisse eines Landes ist. Es ist gleichsam nur das Profil einer Landschaft, das uns darin dargestellt wird. Es sind nicht die wirklichen Entfernungen, nicht die wirklichen Größen, die wir hier verzeichnet finden, und die Figuren, welche die einzelnen Punkte hier mit einander bilden, müssen wir

gleichsam nach der Tiefe hin auflösen, um eine Vorstellung von der Wahrheit zu gewinnen. Darum vermag uns eine solche Himmelskarte auf einer Wanderung durch die Himmelsräume auch nichts weiter zu leisten, als daß sie die gemachten Erfahrungen auf das ursprüngliche Bild, das der Himmel vom irdischen Standpunkte bietet, zurückzuführen gestattet.

Diese Bemerkungen glaubte ich zum besseren Verständniß voranschicken zu müssen, ehe ich Ihnen die Sternkarten selbst vorlegte und Sie lehrte, sich mit ihrer Hülfe auf der lebendigen Sternwarte dort oben zu orientiren. Als Sie zum ersten Male eine solche Sternkarte zur Hand nahmen, werden Sie überrascht worden sein von der seltsamen Menagerie von wilden und zahmen Thieren, von Ungeheuern, Göttern und Menschen, die Sie darauf gemalt sahen, und es wird Ihnen Mühe gemacht haben, in diesem bizarren Gemisch auch nur einzelne durch Punkte angedeutete Sterne am Himmel aufzufinden.

In diesen Sternbildern sehen Sie aber die Bemühungen eines rohen Alterthums, dem Gedächtniß bei der Erforschung des Himmels eine äußerliche Hülfe zu gewähren. Sie mögen zu einer Zeit entstanden sein, wo man noch beständig den Himmel im Auge behielt und der Phantasie, die damals jede Aufzeichnung vertreten mußte, stets durch Anschauung zu Hülfe kommen konnte. Die Geschichte weiß nicht, von wannen und woher sie stammen. Die Bibel erwähnt ihrer und die ältesten ägyptischen Baudenkmäler enthalten ihre Zeichnungen. Viele von ihnen gehören den ersten Anfängen der menschlichen Kultur an und tragen das Gepräge der Beschäftigungen und der Naturereignisse, deren einzige Verkünder und Ordner die Sterne damals waren. Der Auf- und Untergang der Sterne war den Naturvölkern für den Wechsel der Jahreszeiten, was für uns der Kalender ist. Wie der Hundsstern, wenn er an unserem Morgenhimmel auftaucht, uns heute den Anfang der Hundstage verkündet, so war er, der strahlende Sirius, den alten Aegyptern der Wächter des Jahres. Sein Wiedererscheinen in den Strahlen der Morgensonne war der Vorbote der fruchtbringenden Nilüberschwemmung und ward weithin durch eilende Boten im ganzen Lande verkündet. Unter seinem segenverheißenden Zeichen begann man das Jahr. Die Plejaden, wenn sie kurz vor Sonnenaufgang am Morgenhimmel erschienen, waren die Vorboten des Frühlings, der Skorpion bezeichnete den Eintritt des Winters.

Die Kultur hat zwar allmählich die Phantasie verwässert und die Bedeutung jener Bilder und ihrer Spuren am Himmel verwischt. Der Frömmigkeit einer späteren Zeit erregten diese Reste des Heidenthums sogar Anstoß, und man versuchte nicht blos die Bilder, sondern auch ihre Namen zu vertilgen. Aber weder der christliche Himmel des Augsburgers Schiller mit seinen Erzengeln und Evangelisten, noch der Wappenhimmel des Jenenser Astronomen Weigel haben die alte Poesie aus dem Himmel verdrängt. Selbst über die Kataloge und Sternkarten der neueren wissenschaftlichen Astronomie ziehen die alten Bilder noch wie Schatten dahin. Dem Laien sind sie, was sie von Anfang an waren, noch immer die ersten Führer durch die Landschaft des Himmels. So gestatten Sie mir denn also, daß ich auch Ihnen mit Hülfe jener Götter- und Thier-Menagerie ein geordnetes Bild von der Gruppirung der Sterne zurecht mache.

Das einfachste Mittel, die Bilder der Sternkarte am Himmel aufzusuchen, besteht darin, daß Sie die unbekannten Sterne mit den bekannten durch gerade Linien verbinden. Ich werde Ihnen also durch bekannte Sterne die Richtungen vorschreiben, nach welchen Sie Ihre Blicke schweifen lassen sollen. Jeder von Ihnen kennt gewiß das Sternbild des großen Bären, das jetzt dort am nordwestlichen Himmel funkelt, das Siebengestirn unserer Landleute, aus dem die Phantasie der Alten bald einen Bären, bald den großen Himmelswagen gemacht hat. Wie die Sage erzählt, war es die schöne Nymphe Kallisto, welche von der eifersüchtigen Juno in eine Bärin verwandelt und, als solche von ihrer Freundin Diana erlegt, von Jupiter unter die Sterne versetzt wurde.



Das Sternbild des Stiers.

Die drei hellen Sterne, welche den Schwanz des Bären oder nach einer anderen bekannten Vorstellung die Deichsel des Wagens bezeichnen, haben schon von den Alten besondere Namen erhalten; sie heißen Benetnasch, Mizar und Alioth. Die vier anderen Sterne, welche ein unregelmäßiges Viereck bilden und als die Räder des Wagens vorgestellt werden müssen, führen gleichfalls besondere Namen, die beiden vorderen Megrez und Phegda, die beiden hinteren Dubhe und Merak. Dicht über dem mittleren Sterne des Schwanzes, dem Mizar, steht noch ein kleiner Stern, Alkor oder das Reiterlein, den Sie freilich schwerlich neben dem Glanze des Mizar erkennen werden. Die Araber nennen ihn, wie der um die Mitte des dreizehnten Jahrhunderts lebende persische Astronom Mahmud El-Kazwini erzählt, Saidak, d. h. den Prüfer, weil man an ihm die Sehkraft zu prüfen pflegte. Die alten Griechen, die keine Fernröhre besaßen,

kannten ihn wohl, und unter den Tropen, namentlich in der reinen Luft der Cordilleren, erblickte ihn Humboldt jeden Abend deutlich mit unbewaffnetem Auge.

Das Sternbild des großen Bären, das Sie jahraus jahrein in Sommer- und Winternächten am nördlichen Himmel kreisen sehen, soll uns nur den Ausgangspunkt für unsere Rekognoszirungen am Himmel bilden. Denken Sie sich also zunächst die gerade Linie, welche die beiden äußersten hellen Sterne des großen Bären, Merak und Dubhe, verbindet, nach Norden hin verlängert, so wird Ihr Blick zu einem hellen Sterne hinüberschweifen, der den Endpunkt einer dem großen Bären ähnlichen, nur entgegengesetzt gerichteten Figur bezeichnet.



Das Sternbild des großen Bären.

Dieser Stern ist der Polarstern, das Sternbild der kleine Bär, eigentlich Bärin; sie war der Sage nach Jagdhündin der Kallisto, die als große Bärin oder „Dreherin" den Pol umkreist. Wenn Sie nun durch diesen Polarstern eine Linie von dem ersten Schwanzsterne des großen Bären, dem Alioth, ziehen, so treffen Sie auf eines der reichsten und glänzendsten Sternbilder des nördlichen Himmels, die Cassiopeja. Es sind fünf helle Sterne, welche in ihrer Anordnung ungefähr einem lateinischen W gleichen, auch einigermaßen mit einem umgekehrten Sessel verglichen werden können. Verbinden Sie nun die beiden letzten und hellsten dieser fünf Sterne durch eine gerade Linie, so gelangen Sie in der Richtung derselben zu einem ziemlich hellen Sterne, der mit zwei anderen ein sehr stumpfes gleichschenkliges Dreieck bildet, durch welches das zwischen dem kleinen Bären und der Cassiopeja befindliche Sternbild des Cepheus kenntlich ist. Ziehen Sie dann eine Linie von dem Polarsterne über den letzten Stern der Cassiopeja hinaus, so treffen Sie abermals den hellsten Stern eines

äußerst glänzenden Sternbildes, der Andromeda. Sie werden es stets an den drei großen Sternen wieder erkennen, die unter sich ein ähnliches, stumpfes, gleichschenkliges Dreieck, wie die Sterne des Cepheus, nur auf der entgegengesetzten Seite der Cassiopeja, bilden. Endlich verfolgen Sie nun auch die Richtung dieses Dreiecks links nach Nordosten hin, und eines der prachtvollsten Sternbilder, der Perseus, wird Ihnen entgegenleuchten. Sie werden es auch leicht an den beiden hellsten Sternen desselben, dem Algol und Algenib, merken können, die mit dem letzten hellen Sterne, der Andromeda, ein fast rechtwinkliges Dreieck bilden. Diese vier Sternbilder nun, die wir soeben aufgesucht, und die, zu einer herrlichen Gruppe vereint, jetzt dort oben die Nähe des Zeniths schmücken, erzählen uns eine der tragischsten Geschichten des griechischen Alterthums. Cassiopeja, so heißt es, die Gemahlin des äthiopischen Königs Cepheus, hatte sich gerühmt, schöner zu sein, als die Nereiden. Das erzürnte den Neptun, den Vater der Nereiden, und er sandte ein Meerungeheuer, dem der König seine eigene Tochter Andromeda zu opfern sich entschließen mußte. Schon saß die Jungfrau an den Felsen geschmiedet, das Ungeheuer erwartend, da nahte Perseus mit dem Medusenhaupte, auf dessen Stirn jetzt der Algol funkelt, und befreite die Unglückliche, die er zu seiner Gemahlin erhob.

Zwischen den Sternbildern des kleinen und großen Bären, den kleinen Bären zur Hälfte umschlingend, zieht sich in langen Windungen das Sternbild des Drachen hin. Seine zahlreichen Sterne bilden eine dem Z ähnliche Figur und finden ihr Ende dort im Nordosten in dem Kopfe des Drachen, der durch die beiden hellsten Sterne bezeichnet wird. Diesen Kopf werden Sie stets sehr leicht auffinden, wenn Sie die Linie verfolgen, welche vom Algol durch den mittleren Stern des Cepheus führt. Die Poesie der Alten dachte sich unter jenem Bilde den Drachen, der einst den Garten der Hesperiden bewachte, und der vom Hercules getödtet wurde, als er auszog, die goldenen Aepfel zu rauben.

Ich bitte Sie nun, Ihre Blicke von jenen nördlichen Sterngruppen abzuwenden und dort auf den östlichen Himmel zu richten. Ich will Ihnen den Weg näher vorschreiben. Verlängern Sie einmal die obere Seite des Vierecks im großen Bären, also die von Megrez und Dubhe gebildete Linie, in der dem Schwanze entgegengesetzten Richtung, so werden Sie gegen Osten hin zu einem der hellsten Sterne unseres Himmels gelangen, der Ihnen vielleicht schon unter dem Namen der Capella bekannt sein wird. Es ist der Hauptstern eines großen Sternbildes, des Fuhrmanns, in welchem die Sage Erichthonius, den Sohn des Vulkan und der Erde, erblickt, denselben, der seiner ungestalten Füße wegen das Viergespann erfand und das Fest der Panathenäen stiftete, der endlich eben dieser Verdienste wegen vom Jupiter unter die Sterne versetzt wurde. Auf seiner Schulter verewigte die Poesie jene Ziege, mit deren Milch einst die Nymphe Amalthea den Jupiter ernährte, und die zum Danke dafür mit ihren Jungen einen Platz am Himmel erntete. Sie werden dieses Sternbild leicht an dem Dreieck erkennen, welches zwei helle Sterne an der rechten Schulter und am rechten Fuße des Fuhrmanns mit der Capella bilden, außerdem auch an dem kleinen Dreieck darunter, welches durch die helleren Sterne der kleinen Ziegen bezeichnet wird.

Jetzt wenden Sie einmal Ihre Blicke weiter abwärts dem nordöstlichen Horizonte zu. Dort werden Sie einen schimmernden Sternhaufen erblicken und etwas weiter rechts einen außerordentlich hellen Stern, der mit vier anderen minder hellen die Figur eines V bildet. In jenem schimmernden Sternhaufen sehen Sie die bekannten Plejaden, das Siebengestirn der Alten, in der einem V ähnlichen Gruppe die Hyaden oder das Haupt des Stiers. Sie sehen, daß der Hauptstern dieses Bildes, den man Aldebaran nennt, ein fast gleichschenkliges Dreieck mit der Capella und dem östlichsten Sterne der Cassiopeja bildet, und werden dadurch das Sternbild leicht auffinden können. In den Mythen der alten Völker spielte der Stier eine hervorragende Rolle. In Aegypten war der Stier Apis das Bild, unter welchem der Osiris verehrt wurde, und bei den asiatischen Molochdienern trug der Gott gleichfalls einen Stierkopf. Aber die schönsten Dichtungen hat die Poesie der Griechen in dieses Sternbild verwebt. Der Stier selbst war ihnen jener Stier des Jupiter, welcher die schöne Europa nach Kreta trug. Die Hyaden auf seinem Kopfe waren die weinenden Schwestern des Hyas, der von einem Löwen zerrissen wurde. Die Plejaden auf der Schulter des Sternbildes endlich waren jene sieben Schwestern, welche ihren Vater Atlas beweinen, der durch den Anblick des Medusenhauptes in der Hand des Perseus in einen Berg verwandelt wurde. Nur sechs der Schwestern zeigen sich, erzählt die Sage, freilich nicht in Uebereinstimmung mit dem wirklichen Anblick; die siebente Schwester Merope verbirgt sich, da sie, während die übrigen Schwestern von Unsterblichen als Gattinnen erwählt wurden, sich mit einem sterblichen Gemahl, dem Sisyphus, begnügt hatte.

Ich muß Sie jetzt bitten, Ihre Blicke noch tiefer zum Horizonte zu senken und zugleich etwas mehr nach Osten zu schweifen. Ziehen Sie sich einmal eine Linie von dem äußersten links gelegenen Sterne der Cassiopeja durch den äußersten Stern der Andromeda und verlängern Sie dieselbe nach dem Horizonte zu, so werden Sie wieder zwei ziemlich hellen Sternen begegnen, deren jeder der Hauptstern eines zwar schwachen, aber für uns in der Folge wichtigen Sternbildes bezeichnet. Der erste Stern, in dessen Nähe Sie noch zwei andere erblicken werden, von denen der kleinste, am meisten links gelegene, den Namen Meserthim führt, gehört dem Widder, der zweite dem Sternbilde der Fische an. Den Widder deutet die Sage bald als jenen Widder der Argonautensage, der den Phryxus auf der Flucht vor seiner Stiefmutter über das Meer nach Colchis trug, und dessen goldenes Vließ in dem dortigen Tempel aufgehängt ward, bald als den Widder, welcher dem Weingott Bacchus auf seinem Zuge durch die Lybische Wüste den Weg zu einer Quelle zeigte, an welcher später der Tempel des Jupiter Ammon errichtet ward. Das Sternbild der Fische, das, selbst sternarm, sich weithin durch eine sternarme Gegend zieht, erinnert an einen Mythus des alten Syriens, wonach Venus mit ihrem Sohne Cupido einst an den Ufern des Euphrat plötzlich den Riesen Typhon erblickte, und vor Schreck und Furcht beide, in Fische verwandelt, sich in den Strom gestürzt haben sollen.

Lassen Sie Ihren Blick jetzt ganz am östlichen Horizonte haften. Dort sehen Sie einen Stern im Aufgange begriffen, der mit den eben besprochenen beiden Hauptsternen des Widders und der Fische nach links hin ein vollkommen

gleichseitiges Dreieck bildet, das durch die Plejaden zu einem genauen Rhombus vervollständigt wird. Dieser Stern, der den Namen Menkar führt, ist der Hauptstern des Walfisches, eines Sternbildes, das Sie jedenfalls nur im Winter vollständig am Himmel erblicken, und auf das ich Sie im Voraus aufmerksam mache, weil einer seiner Sterne, die Mira, ein ganz besonderer Zielpunkt auf unserer späteren Wanderung sein wird. In einigen Wochen wird der Walfisch höher über den Horizont gerückt sein, und Sie werden dann noch zwei helle Sterne darin erblicken, die mit jenem ersten eine wenig gekrümmte Linie bilden. Nach der griechischen Sage soll dieser Walfisch das Meerungeheuer vorstellen, welches Neptun sandte, die stolze Cassiopeja zu strafen, und noch am Sternenhimmel schaut es nach der Andromeda, dem ihm preisgegebenen Opfer, aus, sie zu verschlingen.

Ehe wir diese östliche Gegend des Himmels aus dem Auge verlieren, will ich Sie noch auf einige herrliche Sternbilder aufmerksam machen, die Sie hier in den Wintermonaten aufgehen sehen werden. Wenn Sie an einem schönen Dezemberabende durch die beiden hellsten Sterne des dann ziemlich hoch im Osten glänzenden Fuhrmannes oder vom Algol im Medusenhaupte durch die Capella eine gerade Linie ziehen, so treffen Sie auf zwei hellfunkelnde Sterne, Castor und Pollux, im Sternbilde der Zwillinge. An diesen beiden Sternen, die mit einem dritten in der Nähe der Milchstraße ein rechtwinkliges Dreieck bilden, werden Sie das Sternbild leicht erkennen. Nach einem ägyptischen Mythus sind diese Zwillinge Horus und Harpokrates, welche die Isis auf ihrer Flucht der Obhut einer Wölfin anvertraute. Nach der griechischen Sage sind es die Söhne der Leda, die durch ihre innige Freundschaft und Tapferkeit gleich berühmten Dioskuren, die, wie sie den Argonautenfahrern als glückbringende Gefährten galten, so noch am Himmel von den Seefahrern des Alterthums als Rettung verheißende Gestirne verehrt werden.

In der durch den Polarstern und die Capella bezeichneten Richtung werden Sie dann zu dieser Zeit das schönste unter allen Sternbildern unseres heimatlichen Himmels erblicken, den Orion. Gewiß sind Ihnen längst jene prachtvollen, in einer Linie stehenden Sterne bekannt, die den Gürtel des Orion bilden, und die man im Volke wol auch als Jakobsstab kennt. Wie ein Bild erscheinen sie von einem glänzenden Rahmen von vier großen Sternen eingefaßt, von denen der hellste an der rechten Schulter des Orion den Namen Beteigeuze, der ihm gegenüber minder hell an der linken Schulter glänzende den Namen Bellatrix führt, während der hellste der beiden unteren am rechten Fuße als Rigel bekannt ist. Unter dem Gürtel werden Sie dann noch eine Stelle bemerken, die gleich einem weißen Wölkchen leuchtet; es ist der berühmte Nebelfleck des Orion, der den Griff seines Schwertes schmückt. Auf unserer Wanderung werden wir dort wunderbare Dinge erfahren. Wollen Sie dem Ursprunge dieses Sternbildes in der Poesie der Alten nachforschen, so weiß ich Ihnen freilich wenig Zuverlässiges zu bieten. Spätere griechische Dichter lehren uns im Orion einen kühnen Jäger auf Chios im Dienste der Diana kennen, der sich vermaß, alles Gethier der Erde vertilgen zu wollen. Die Erde aber, oder wie eine andere Sage erzählt, die Diana, aus Furcht, daß er alle Jagdthiere auf Chios vertilgen möchte, sandte

einen Skorpion, der ihn durch einen Stich in die Fersen tödlich verwundete. An den Himmel versetzt, bekundet er, wie es in der Sage heißt, auch unter den Sternen noch seinen wilden, unruhigen Charakter. Wenn er in das Meer taucht, jagt er nach der Meinung des griechischen Seefahrers die Stürme auf und erregt die Wellen zu wildem Aufruhr. Offenbar ist diese Sage eine Dichtung, die erst aus dem Sternbilde hervorging. Niemals nämlich werden Sie den Orion und Skorpion zugleich am Himmel sehen; der eine kommt, wenn der andere scheidet; die Ferse des Orion taucht unter den Horizont, sobald der Stachel des Skorpions aufgeht. Das ist wol auch der Sinn der Sage.



Das Sternbild des Orion.

Sie sollen nun auch die Hunde dieses Jägers am Sternenhimmel kennen lernen. Die drei Gürtelsterne des Orion führen Sie in östlicher Verlängerung geradezu auf den glänzendsten Stern des ganzen Himmels, den Sirius im großen Hunde, unter dem Sie noch eine glänzende Gruppe von vier helleren und zahllosen kleinen Sternen gewahren werden. Mit dem Aufgange dieses Sternes enfaltet der Himmel seine reichste Pracht, und es gehört wirklich ein stumpfes Gemüth dazu, von dem Augenblick nicht ergriffen zu werden, den der südliche und südöstliche Himmel eines Januarabends gewährt. Hier drängen sich die reichsten Sternbilder, Zwillinge, Fuhrmann, Stier, Orion, großer Hund, zu einer Gruppe zusammen, die durch den kleinen Hund in Südosten geschlossen wird. Wenn Sie nämlich die durch die beiden oberen Sterne des Orion, Beteigeuze und Bellatrix, bezeichnete Richtung verfolgen, so kommen Sie jenseit der Milchstraße abermals zu einem prachtvollen Sterne, dem Procyon im kleinen Hunde, der zugleich mit Sirius und Beteigeuze ein gleichseitiges Dreieck bildet.

Wenn Sie in einer späteren Jahreszeit, etwa in einer März- oder Aprilnacht, ihre Blicke auf diese Gegend des Himmels richten, wo sich der Orion bereits zum Untergange neigt, und Syrius und Procyon schon tief am südwestlichen Himmel glänzen, da werden Sie weiter im Osten ein anderes schönes Sternbild aufgehen sehen, das Sternbild des großen Löwen. Sie werden es sehr leicht an seinem Hauptstern, dem Regulus, im Herz des Löwen erkennen, auf den eine gerade Linie durch Sirius und Procyon hinweist, und der mit Castor und Procyon ein gleichschenkliges Dreieck bildet. Sie werden auch den Umfang des Sternbildes gut verfolgen können, da er durch 4 in Form eines Trapezes zu einander gestellte helle Sterne, deren letzter und östlichster Denebola heißt, ungefähr bezeichnet wird. Wenn die griechische Sage in diesem Sternbilde den nemäischen Löwen erblickte, den Herkules einst mit seinen Händen zerriß, so war schon Jahrtausende vor der Zeit der Griechen den alten Aegyptern dieses Sternbild bekannt; es kündete ihnen die glühende Sonnenhitze an, wenn es zunächst aus den Strahlen der Morgensonne hervortrat. Der Name des Regulus erinnert zugleich an die Zeit unserer mittelalterlichen Astrologen, welche den unter seinem Zeichen Geborenen eine königliche Geburt zuschrieben.

Gegen Ende des März werden Sie unter dem Löwen ein neues Sternbild auftauchen sehen. Sie werden dann einen glänzenden Stern erblicken, der mit Castor, Procyon und Regulus fast ein vollkommenes Parellelogramm bildet. Das ist Alphard, das Schlangenherz, an der Brust der Wasserschlange oder Hydria. Es ist ein sehr langgestrecktes Sternbild, das zwischen Procyon und Regulus mit einem kleinen Sternviereck beginnt und sich parallel mit der Milchstraße weit über den südlichen Himmel hinzieht. Mit diesem Sternbilde stehen zwei andere kleinere in Verbindung, Becher und Rabe, der erstere durch sechs kreisförmig gestellte kleine Sterne kenntlich, das letztere ein unregelmäßiges Viereck ziemlich heller Sterne bildend. Die griechische Sage erzählt eine seltsame Geschichte von diesen Sternbildern. Jener Rabe war ihr zufolge der Lieblingsvogel des Apollo und trug sonst weißes Gefieder. Einst schickten ihn die Götter zu einer Quelle, um Wasser zu einem Opfer zu holen; — denn auch die Götter opferten — menschlich genug! An der Quelle aber stand ein Feigenbaum mit unreifen Früchten. Da wartete denn der Rabe, bis die Feigen reif waren, und kehrte erst zurück, als er sie alle verzehrt hatte. Dem Apollo aber gab er vor, eine Schlange habe täglich das Wasser der Quelle verschluckt, so daß er den Becher nicht habe füllen können, und als rechter Lügner brachte er Schlange und Becher mit. Das war denn doch auch dem Apollo zu arg, so wenig sich auch sonst die Götter aus einer Lüge machten. Im Zorn verwandelte er das weiße Gefieder des Raben in ein schwarzes und verbot ihm für die Zeit, wo die Feigen reifen, das Trinken. Den Lügner selbst aber sammt Schlange und Becher versetzte er unter die Sterne. Sie sehen, welche sonderbaren Verdienste bisweilen zu einer solchen himmlischen Auszeichnung berechtigten.

In der Mitte jenes von Castor, Procyon, Regulus und Alphard gebildeten Parallelogramms, im Durchschnitt seiner Diagonalen, werden Sie noch ein kleines, schwachschimmerndes Sternbild erblicken, den Krebs. In seiner Mitte, etwa in gleichweiter Entfernung von Procyon und Pollux, werden Sie zwei

kleine Sterne unterscheiden, die den Namen der Eselchen führen, und zwischen diesen wird sich dann, etwa in der Größe unserer Mondscheibe, ein blasses Nebelwölkchen zeigen, das man die Krippe oder Präsepe nennt, und das wir auf einer späteren Wanderung als einen prächtigen Sternhaufen von 40—50 Sternen kennen lernen werden. Jener Krebs ist nun der griechischen Sage nach derselbe, welcher einst den Hercules bei seinem Kampfe mit der lernäischen Schlange auf Befehl der Juno in die Ferse zwickte, von dem Helden aber zertreten ward. Die Eselchen aber werden Ihnen eine köstliche Geschichte aus der griechischen Götterwelt erzählen, die es Ihnen erklären wird, wie die dankbare Nachwelt auch Eseln die Pforten des Himmels öffnen konnte. Sie sollen nämlich an jene Esel erinnern, auf welchen die Götter einst in den Kampf gegen die Giganten zogen, und deren Angstgeschrei die Riesen so erschreckte, daß sie die Flucht ergriffen.

Ehe ich Sie zu unserem Augusthimmel zurückführe, muß ich Sie in der Phantasie noch einen letzten Blick auf den östlichen Horizont eines schönen März- oder Aprilhimmels werfen lassen. Dort ist eben unter dem Sternbilde des Löwen ein neues großes und prachtvolles Sternbild aufgestiegen, das Sternbild der **Jungfrau**. Sie werden den Hauptstern desselben, die Spica oder Kornähre, leicht finden, wenn Sie die gerade Linie vom Procyon durch den Regulus bis gegen den Horizont fortsetzen, oder wenn Sie sich die Diagonale im Vierecke des großen Bären vom Dubhe über Phegda hinaus südlich verlängern. Es ist ein reich mit Sternen besäetes Gewand, das diese Jungfrau trägt, deren oberen Theil Sie leicht an einer aus fünf ziemlich hellen Sternen gebildeten, einem V ähnlichen Figur erkennen werden, an deren nördlichster Spitze der als Vindemiatrix oder Winzerin bekannte Stern steht. Den Aegyptern war dieses Sternbild ursprünglich Isis, die Ernährerin, die statt der Kornähren ihr saugendes Kind trug. Sinnig aber deutet dies Sternbild eine spätere dichterische Sage der Griechen, die ich Ihnen erzählen will. Einst, so heißt es beim Dichter Aratus, weilte die Jungfrau auf Erden und verkehrte mit den Sterblichen, selbst unsterblich. Man nannte sie Dike, die Gerechtigkeit. Die Greise auf dem Markte versammelnd, sprach sie Recht und lehrte das Volk. Damals kannte man noch nicht den unseligen Zwiespalt und das Schlachtengetümmel. Das gefahrvolle Meer lag noch im Verborgenen, und keine Schiffe führten Kostbarkeiten aus weiter Ferne herbei; Rinder und Pflug und Dike selbst, die Herrscherin der Völker, die Spenderin der Gerechtigkeit, gewährten Alles tausendfach. Sie blieb so lange, als die Erde noch das goldene Zeitalter bewahrte. Im silbernen aber weilt sie nur noch selten und nicht mehr wie sonst auf Erden, sich sehnend nach den Sitten der alten Zeit. Sie kam hervor aus den tönenden Bergen, Abends allein, und verkehrte nicht mehr mit den Einzelnen in freundlicher Rede. Wenn sich die Versammlungshügel mit Menschen gefüllt hatten, dann drohte sie und tadelte die Verderbtheit, und nicht mehr sichtbar denen, die sie gerufen hatten, sprach sie: „O wahrlich, ein schlimmes Geschlecht hinterließen die goldenen Väter! Und ihr werdet ein noch schlimmeres zeugen! Dann wird hier Krieg, dort Haß unter den Menschen sein, und Trübsal wird auf ihnen ruhen!" So sprach sie und wandte sich zu den Bergen zurück. Dann aber kam dieses eiserne Geschlecht, noch verderbter als das frühere, und sie schmiedeten unheilbringende Schwerter

und aßen vom Fleische des Pflugstiers. Da verabscheute Dike das Geschlecht der Menschen, die Gerechtigkeit flog himmelwärts auf. Nun leuchtet sie von dort oben zur Nachtzeit als Sternenjungfrau zu den Sterblichen nieder.

Wollen Sie nun die Wage der Gerechtigkeit sehen, die am Himmel zu den Füßen der Jungfrau schwebt, so kann ich sie Ihnen noch an dem heutigen Himmel zeigen. Sie werden dort unten am südwestlichen Horizonte, wenn Sie der Richtung der beiden oberen Sterne des Vierecks im großen Bären dorthin folgen, zwei helle Sterne erblicken, welche mit zwei kleineren ein kleines Quadrat bilden. Diese beiden hellen Sterne, welche die beiden Wagschalen bezeichnen, führen die arabischen Namen Zubeneschemali und Zubenelgenubi.

Wir sind damit in die Wirklichkeit, zu unserem Augusthimmel über uns zurückgekehrt und wollen nun in seinem Anschauen unsere Rekognoszirung vollenden. Jene Linie, welche Sie soeben durch die Sterne des großen Bären zogen, wird Sie an einem prachtvoll funkelnden Sterne vorübergeführt haben. Das ist der Arktur, der Hauptstern des Bootes, d. h. des Ochsentreibers, der aber auch den Namen des Bärenhüters führt, weil er am Himmel den beiden Bären folgt und sie gleichsam mit seinen Jagdhunden zu treiben scheint. Die Sage nennt ihn den Bruder des Plutus, der, weil ihm der Bruder nichts von seinen Schätzen mittheilte, durch die Noth gedrängt, den Pflug erfand. Eine andere Sage bezeichnet ihn auch als den Icarius, der auf seinem Gespann den ersten Rebensaft nach Attica brachte, aber von den trunkenen Bauern erschlagen ward. Erigone, die Tochter des Erschlagenen, welcher sein Hund Mära die blutigen Gewänder brachte, soll sich dann aus Verzweiflung auf der Leiche des Vaters getödtet haben, und der treue Hund selbst bald auf seinem Grabe gestorben sein. Bootes, die Jungfrau und der Hund wurden dann von dem gerührten Jupiter unter die Sterne versetzt. Das Sternbild selbst nimmt einen ziemlich großen Raum am Himmel ein. Seine hellsten Sterne bilden nördlich über dem Arktur ein unregelmäßiges Viereck. Von seinen beiden Jagdhunden, Asterion und Chare, die ihm übrigens erst Hevel im 17. Jahrhundert gegeben hat, und die Sie westlich von dem Sternbilde nach dem großen Bären hin sehen, trägt der letztere einen prächtigen Stern im Halsbande, den man das Herz Karl's II. genannt hat. Der hellscheinende Sternhaufen, den Sie nahe unter diesem Sterne erblicken werden, ist das Haupthaar der Berenice, das diese Gemahlin des ägyptischen Königs Ptolemäos Euergetes einst den Göttern weihte, im Tempel der Venus auf Cypern, das aber, bald darauf gestohlen, von der höfischen Schmeichelei des Mathematikers Conon an den Himmel versetzt wurde.

Wenn Sie der Richtung der beiden ersten Schwanzsterne des großen Bären folgen, so werden Sie jenseit des Bootes zu einem äußerst kenntlichen, glänzenden Sternenkranze kommen. Das ist die nördliche Krone, wie die Sage meldet, die Krone der Ariadne, die sie von der Venus zur Hochzeitsgabe erhielt, als sie, vom Theseus verlassen, vom Bacchus zur Gattin erkoren ward. Der hellste unter den Sternen dieses Gestirns führt den Namen Gemma.

Folgen Sie der angegebenen Richtung weiter, so werden Sie auf zwei kleine Sterngruppen treffen, die dem Kopf und Hals der Schlange des Ophiuchus oder Schlangenhalters angehören. In wenigen Wochen werden Sie kurz nach

Sonnenuntergang die ganze Reihe der Sterne dieses großen Sternbildes weithin am südwestlichen Horizonte durch eine ziemlich sternarme Gegend bis in die Milchstraße hinein verfolgen können. Den Hauptstern im Kopfe des Ophiuchus, der den Namen Ras-Alhague führt, werden Sie am leichtesten auffinden, wenn Sie eine Linie vom östlichsten unteren Ecksterne des großen Bären durch den mittleren Schwanzstern desselben, also vom Phegda durch Mizar ziehen. Diese Linie wird Sie aber vorher noch durch ein anderes Sternbild führen, durch das Sternbild des Hercules. Sie werden es leicht an dem fast regelmäßigen Viereck erkennen, das von den vier Gürtelsternen des Helden gebildet wird, und die Diagonale dieses Vierecks wird Sie zugleich auf den Hauptstern im Kopfe des Herkules, den Ras Algethi, weisen, der ganz nahe beim Hauptstern des Ophiuchus mit zwei anderen hellen Sternen ein gleichschenkliges Dreieck bildet.

Wenn Sie der vorigen Richtung durch die Krone und den Hals der Schlange weiter folgen, so werden Sie auf jenen schönen Stern am westlichen Horizonte treffen. Das ist Antares, der Hauptstern des Skorpions, eines nur zum Theil an unserem Himmel aufgehenden Sternbildes.

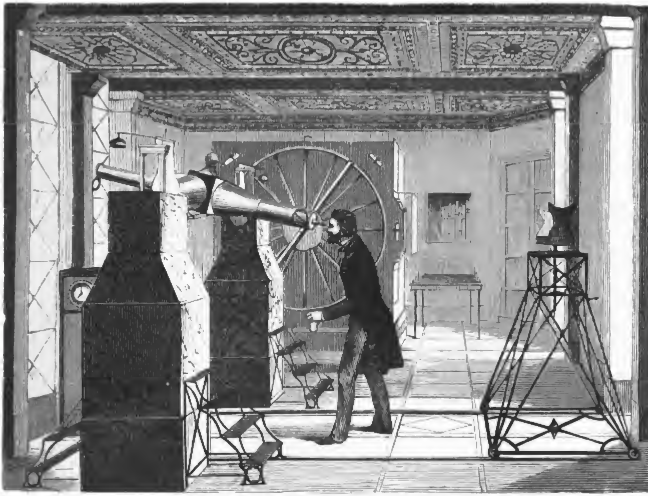
Es bleibt uns jetzt noch eine Gegend des Himmels zu betrachten, die man von Alters her als die anmuthigste und sternenreichste des nördlichen Himmels bezeichnet hat, und die in der That einigen Vergleich aushält mit jener prächtigen Sternenzone des südlichen Himmels, die sich vom Orion bis zum südlichen Kreuz hinzieht. Ich meine jene Landschaft des Himmels, die sich hoch oben vom Zenith zwischen den Sternbildern des Hercules und Ophiuchus und denen des Cepheus und der Kassiopeja südlich in der Milchstraße und zu beiden Seiten derselben erstreckt. Wenn Sie eine gerade Linie von der Krone durch das Sternbild des Hercules oder vom Viereck des großen Bären durch den Kopf des Drachen ziehen, so werden Sie fast gerade über Ihrem Kopfe einen prachtvollen Stern erblicken. Das ist Wega, der Hauptstern der Leier, der mit zwei anderen großen Sternen in der Milchstraße, Deneb im Schwan und Atair im Adler, ein auffallendes gleichschenkliges Dreieck bildet. Die Leier ist der griechischen Sage nach die Leier des Orpheus, deren lieblichen Klängen einst die wilden Thiere des Waldes, die Flüsse und Felsen lauschten, und die selbst die finsteren Götter der Unterwelt besiegte. In dem Geier, der sie trägt, deutet die dichterische Phantasie den majestätischen Flug an, mit welchem dieses Gestirn den Pol umkreist. Den Schwan, den Sie an fünf fast in Form eines Kreuzes gestellten, größeren Sternen leicht erkennen werden, deutet eine Sage als den Orpheus selbst. Der Adler endlich, dessen drei hellste Sterne eine gerade Linie bilden, ist der Adler des Jupiter, der einst den Raub des Ganymedes ausführte. Das Sternbild aber unterhalb des Adlers, das einen bogenspannenden Knaben, der vom Adler getragen wird, darstellt, und dessen drei hellste Sterne Sie in einem stumpfen Dreieck parallel mit den Hauptsternen des Adlers erkennen werden, ist nicht der Ganymed der Sage, sondern der erst von Tycho de Brahe an den Himmel versetzte Antinous, der Liebling des Kaisers Hadrian, dem die Schmeichelei der Höflinge nach seinem Tode im Nil ein ähnliches Schicksal, wie das des Ganymed, andichtete.

Es bleiben nun noch einige wenige Sternbilder übrig, die Sie jetzt ziemlich tief am südöstlichen und südwestlichen Himmel erblicken werden. Ziehen Sie

eine Linie durch Wega und Deneb, diese beiden schönen Hauptsterne der Leier und des Schwans, so führt Sie diese in die Mitte eines auffallenden Vierecks von vier glänzenden Sternen, deren einer links der Hauptstern der Andromeda ist, während die drei anderen die Hauptsterne des Pegasus, Markab, Scheat und Algenib, sind. In der Richtung der oberen Seite dieses Vierecks erblicken Sie in der Nähe des Atair noch ein kleines, aber durch einen gedrängten Haufen ziemlich großer Sterne sehr kenntliches Sternbild, den Delphin. Die Diagonale des Vierecks endlich durch den Hauptstern der Andromeda und den Markab, den Hauptstern des Pegasus, zeigt den Weg zu dem Hauptstern des Wassermanns, eines weit ausgebreiteten Sternbildes, das dort den südöstlichen Horizont einnimmt. Es stellt einen knieenden Mann dar, der mit der rechten Hand einen Wasserkrug ausgießt. Der Wasserstrom fließt in das Maul des südlichen Fisches, das den prächtigen Fomalhaut trägt, den Sie dort unten tief am südöstlichen Horizonte erblicken. Dieser Fomalhaut gehört zu jenen vier glänzenden Sternen, die man einst die königlichen nannte, weil sie den Himmel nahezu in vier gleiche Theile scheiden. Aldebaran im Stier, Antares im Skorpion und Regulus im Löwen sind die drei anderen Angelsterne und Hüter des Himmels.

Lassen Sie sich nun mit dieser flüchtigen Kenntniß von der Außenseite unseres Sternenhimmels genügen! Sie werden hoffentlich dadurch in den Stand gesetzt sein, die wichtigsten Sternbilder, die über unseren Horizont treten, aufzufinden. Eines Weiteren aber bedarf es nicht; denn dieser Sternenhimmel soll für uns nur die Stelle einer Karte vertreten, in deren Felder wir unsere späteren Reisebeobachtungen und Erfahrungen eintragen können. Für den Astronomen, möchte freilich ein solche Karte nicht genügen. Eine Bewegung am Himmel kann Ihnen schon heute während unserer kurzen Betrachtung nicht entgangen sein. Wer steht Ihnen dafür, daß diese Bewegung, die ein Sternbild nach dem andern über den Horizont hinaufführte, nur den Himmel in seiner Gesammtheit trifft, daß sie nicht auch Verschiebungen der einzelnen Sterne bewirkt? Welche sicheren Wege sich nun der Astronom durch diese Himmelszeichen gebahnt hat, das werde ich Ihnen an einem späteren Abende zeigen. Sie sollen erst sehen lernen, ehe Sie beobachten lernen; und nur, wenn Sie Beides verstehen, sind Sie zu unserer Reise geschickt.

Sehen und Beobachten — das sind freilich zwei Worte, welche eine Jahrtausende lange Kunst in sich schließen. Ja, meine Freunde, Jahrtausende hindurch ist die Menschheit blind gewesen, und selbst unser heutiges Sehen hat noch keineswegs die Stufe der Vollkommenheit erreicht. Das Beobachten ist aber vollends nur eine Kunst der Neuzeit. Nehmen Sie ein Paar Jahrhunderte von der Geschichte der Menschheit hinweg, und es wird Ihnen kaum eine Wissenschaft vom Himmel übrig bleiben. In diese lange Kunst sollen Sie nun eingeweiht werden. Aber fürchten Sie sich nicht! So gut ich Sie in wenigen Stunden durch die unermeßlichen Räume des Himmels zu führen vermag, werde ich Sie auch die Jahrtausende dieser Kunst in wenigen Stunden durchwandern lassen. Trösten Sie sich einstweilen über Ihre bisherige Blindheit mit der Aussicht auf die Herrlichkeiten, welche sich Ihren gesunden Augen eröffnen werden.



Beobachtungszimmer der Pariser Sternwarte.

Viertes Kapitel.

Das Fernrohr.

Nur immer zu! Euch ist die Welt erschlossen,
Die Erde weit, der Himmel hehr und groß;
Betrachtet, forscht, die Einzelheiten sammelt,
Naturgeheimniß werde nachgestammelt.

Es war eine kleine Sternwarte, in welche ich eines Abends meine Freunde führte. Ich hatte absichtlich diesen Ort gewählt, nicht allein, um durch den unmittelbaren Anblick der Werkzeuge, welche die Kunst der Menschen ersonnen hat, den Lichtstrahl in seine Gewalt zu bringen, meine Anweisungen anschaulicher und eindringlicher zu machen, sondern auch, um meine Freunde von dem noch sehr verbreiteten Vorurtheil zu heilen, als ob die Ausübung dieser Kunst irgend Etwas mit einer Thätigkeit der Phantasie zu thun habe. Es geht der Poesie des Astronomen wie mancher anderen: man darf sie nicht in der Nähe betrachten. Wer tief in die Nacht hinein am Mittagsfernrohre sitzt und die vorübergehenden Sterne einen nach dem anderen aufzeichnet, wer von Stunde zu Stunde durch einen Wecker aus dem Schlafe geschreckt, in kalter Nacht zum Fernrohre springt, um den Lichtwechsel eines Sternes zu beobachten, wer, an den Rechnungstisch gebannt, Wochen und Monate lang immer nur die starren Zahlen vor sich sieht, durch deren Zauber er der Beobachtung Gedanken und Theorien entlocken soll, dem bleibt wol wenig Lust und Zeit, die Pracht des gestirnten Himmels zu bewundern oder erhabene Gedanken an die Zahlen zu knüpfen.

Man hat mit Recht mehrfach das Innere der großen Sternwarte zu Greenwich mit den Comptoiren und Arbeitslokalen eines großen merkantilen Geschäfts verglichen, und in der That, um auch nur eine Spur von poetischer Annehmlichkeit in jenen Räumen zu entdecken, dazu gehört mindestens eine Poesie wie diejenige, die heutzutage selbst Comptoir und Waschküche zu idealisiren und aus Philistern Romanhelden zu schaffen weiß. Ich will damit keineswegs jene wirklichen Reize leugnen, welche der Beschäftigung mit astronomischen Gegenständen so eigenthümlich sind, und auf welchen jene gewaltige Macht beruht, mit der die Astronomie von jeher den menschlichen Geist erfaßt und so manchen bestimmt hat, den Bequemlichkeiten und Genüssen des Lebens zu entsagen, um sich ihrem mühevollen Dienste zu opfern. Ich würde ja damit mein eigenes Vorhaben verurtheilen und mich einer unverzeihlichen Anmaßung schuldig machen, wenn ich dennoch zur Theilnahme an einer so völlig reiz- und genußlosen Wanderung aufforderte. Ich meine nur, der Reiz der astronomischen Forschung und damit auch unserer beabsichtigten „Ausflüge in den Himmelsraum" gehört weniger der Phantasie, als dem Gedanken an, ist weniger die Arbeit selbst, als die stets vor Augen schwebende Aussicht auf Ergründung der Naturgesetze und Erweiterung der menschlichen Wissensmacht.

Meine Freunde, glaube ich, waren schon durch den bloßen Anblick, den ich ihnen hier in der Sternwarte bereitet, lange vor dem Beginn meines Vortrags zu der Ueberzeugung gekommen, daß es mit ihrer Phantasie hier zu Ende gehe. Von meinen Lesern, die sich ihnen angeschlossen, und die vielleicht noch nie einen Blick in das Innere einer Sternwarte gethan haben, kann ich freilich ein Gleiches noch nicht erwarten. Ich muß es daher meinen Worten überlassen, dieses Werk bei ihnen zu vollenden.

Nachdem ich meine Freunde im Allgemeinen mit den Einrichtungen einer Sternwarte bekannt gemacht und ihnen namentlich gezeigt hatte, wie eine Sternwarte stets nach den Himmelsgegenden gestellt und genau in der Richtung von Norden nach Süden von einer (etwa einen Meter breiten, durch Klappen verschließbaren) Oeffnung durchschnitten sei, durch welche die wichtigen Beobachtungen mittels des Mittagrohres angestellt werden, hatte ich sie denn auch einen Blick durch dieses Fernrohr selbst werfen lassen. Was ich erwartet hatte, geschah. Eine gewisse Enttäuschung malte sich auf allen Gesichtern, und man forderte von mir eine Aufklärung darüber.

„Ihre Enttäuschung kommt mir sehr gelegen", nahm ich das Wort. „Denn sie liegt jedenfalls nicht allein in Ihren übertriebenen Erwartungen und den unmöglichen Forderungen, die Sie an ein Fernrohr stellen, sondern noch mehr, glaube ich, an der viel zu hohen Meinung, die Sie von Ihrem natürlichen Sehen haben. Ehe ich diese nicht herabgestimmt und Sie von den mancherlei Schwächen und Unvollkommenheiten Ihres Sehens überzeugt habe, würde ich Ihnen die wahren Leistungen eines Fernrohrs gar nicht klar zu machen vermögen.

Sie alle haben sicherlich schon von den unzählbaren oder doch Millionen von Sternen gesprochen, die Sie draußen am Himmel sehen, und Sie würden sicherlich, namentlich beim Anblick der Sternenpracht einer recht heiteren, kalten Winternacht, gar ungläubig den Kopf schütteln, wenn ich Sie versicherte, daß

Sie nicht mehr als höchstens 3000 Sterne wirklich erblicken. Meine Versicherung nun könnte ich Ihnen beweisen, indem ich ihnen ein Sternverzeichniß vorlegte, in dem Sie selbst die Sterne erster bis sechster Größe zählen könnten, und ich glaube nicht, daß Einer von Ihnen noch Sterne siebenter Größe wirklich zu unterscheiden vermöchte. Bei Kindern sind bekanntlich solche Zahlenüberschätzungen sehr häufig. Ihren Irrthum aber möchte ich keineswegs blos aus einer solchen kindlichen Unfähigkeit der Schätzung erklären. Sie glauben in der That an einem heiteren Winterhimmel mehr Sterne zu erblicken, als sich Ihnen zeigen, und die Ursache davon liegt in dem Funkeln der Sterne. Sie sehen bald hier, bald dort Sterne sechster bis siebenter Größe aufglimmen, bald roth, bald grün, bald wieder verschwinden, und Sie nehmen jedes solches Aufglimmen für einen erblickten Stern. Diese Erscheinung des Sternfunkelns ist übrigens keineswegs eine bloße Augentäuschung, sie ist vielmehr in Wirklichkeit viel stärker, als sie erscheint. Denn unsere Netzhaut bewahrt bekanntlich leicht eine Zeit lang die empfangenen Lichteindrücke, sodaß die wirklichen Licht- und Farbenwechsel eines Sternes nicht einmal in vollem Maße empfunden werden. Obgleich das Funkeln oder Flimmern der Sterne eine ganz gewöhnliche Erscheinung ist, so haben sich doch die bedeutendsten Naturforscher lange vergeblich bemüht, eine Erklärung, auf welche Weise es entsteht, zu finden. Der berühmte Arago fand endlich einen Umstand, der geeignet erschien, den Schlüssel zu der geheimnißvollen Erscheinung zu geben. Ich will versuchen mich deutlich zu machen. Bekanntlich stellen wir uns das Licht vor als eine schwingende Bewegung von Aethertheilchen, die sich rings um einen leuchtenden Punkt nach allen Seiten hin fortpflanzt und ähnliche konzentrische Wellen bildet, wie die Wasserwellen, die ein Stein erregt, den man auf eine ruhige Wasserfläche schleudert. Sie werden sich nun leicht denken können, daß zwei solche von demselben Lichtquell ausgehende Wellensysteme oder Lichtstrahlen, wenn sie eine kleine Störung oder Ablenkung auf ihrem Wege erfahren haben, einander endlich begegnen müssen. Sie werden sich ferner denken können, daß, wenn die eine dieser Lichtwellen eine kleine Verzögerung erlitten hat, ihre Aetherschwingungen im Augenblick der Begegnung mehr oder weniger gleiche oder entgegengesetzte Richtungen haben werden, je nachdem die Verzögerung nahezu ganze oder halbe Wellenlängen betragen hat, und daß sie darum einander verstärken oder aufheben müssen. Zwei Lichtstrahlen nun, die von einem Sterne ausgehen, haben, ehe sie in unser Auge gelangen, die ganze Atmosphäre zu durchdringen. In dieser aber gehen beständig eine Menge von Veränderungen vor, sei es in der Wärme, der Dichtigkeit oder Feuchtigkeit. Zwei Lichtstrahlen werden also, wie nahe sie einander auch gedacht werden mögen, nicht leicht völlig gleiche Luftschichten durchdringen, und die Folge davon wird sein, daß sie auch verschiedene Verzögerungen auf ihrem Wege durch die Atmosphäre erfahren, daß sie einander bald verstärken, bald schwächen. Das Licht eines Sternes erscheint uns darum veränderlich, bald verschwindend, bald aufblitzend, und diese Wechsel müssen einander mit großer Schnelligkeit folgen. Nehmen Sie nun noch hinzu, daß in dem Lichte eines Sterns eine Menge verschiedener Lichtwellen gemischt sind, die wir nach der Geschwindigkeit ihrer Aetherschwingungen als roth, blau, grün u. s. w. bezeichnen,

so werden Sie einsehen, daß sich nicht immer alle diese verschiedenen Wellen gleichzeitig aufheben werden, sondern bald nur die rothen, bald nur die grünen, bald nur die blauen, und daß wir den Stern also bald blau, bald grün, bald roth aufblitzen sehen werden. Es ist nicht zu leugnen, daß diese Erklärung Arago's das Funkeln der Sterne auf den ersten Anblick recht ungezwungen erklärt; aber vor ein paar Jahren hat der italienische Astronom Respighi mittels des Spektroskops Beobachtungen über das Flimmern der Sterne angestellt, aus denen hervorgeht, daß diese Erscheinung hauptsächlich auf die sogenannte Zerstreuung des Lichtes in der Atmosphäre zurückzuführen ist.

Verzeihen Sie mir übrigens diese Abschweifung; — ich wollte, daß auch in der äußeren Erscheinung des Sternhimmels Ihnen nichts unklar bliebe. Lassen Sie mich nun zur Begründung meiner Anklage gegen Ihr natürliches Sehen zurückkehren!

Ich sagte Ihnen vorhin, daß Sie sich täuschen, wenn Sie mehr als etwa 3000 Sterne am Himmel zu sehen glauben, und ich muß hinzufügen, daß Sie nicht einmal alle die gleiche Zahl von Sternen erblicken. Es wird Ihnen bekannt sein, daß schon Ovid von den Plejaden erzählt, man spreche von ihren sieben Sternen, obgleich man doch gewöhnlich nur sechs sehe. Es gab also damals so gut wie heute einzelne Menschen, welche neben den Sternen dritter bis fünfter Größe in den Plejaden noch einen Stern sechster bis siebenter Größe unterschieden, und Kepler erzählt sogar, daß sein Lehrer Mästlin 14 Sterne in dieser Gruppe erkannt habe. Ich habe Ihnen neulich von einem anderen Sterne erzählt, den die Araber den Prüfer nennen. Es ist Alcor, das Reiterlein, bei Mizar im großen Bären. Obgleich er ein Stern fünfter Größe ist, gehört doch ein sehr gutes Auge oder eine sehr reine und trockene Atmosphäre dazu, um ihn neben seinem strahlenden Nachbarn zu erkennen. Sie werden endlich gehört haben, daß einzelne Personen von außerordentlicher Scharfsichtigkeit sogar einzelne Jupiterstrabanten mit bloßem Auge gesehen haben oder wenigstens gesehen zu haben behaupten. Alle diese Thatsachen beweisen, daß nicht allein sehr große Unterschiede in der Empfindlichkeit der Augen bestehen, sondern daß sich auch die Bilder auf der Netzhaut mit sehr verschiedener Schärfe darstellen. Der letztere Umstand wird namentlich entscheidend bei der Sichtbarkeit sehr naher Sterne, wie des Alcor und der Jupiterstrabanten. Als Sterne fünfter Größe müßten sie jedem unbewaffneten Auge sichtbar werden, wenn nicht für die meisten Augen der hellere Nachbarstern sie überglänzte. Jene Strahlen und Schwänze, welche unserem Auge von den Sternen auszugehen scheinen, und durch die man schon in den ältesten bildlichen Darstellungen die Sterne zu bezeichnen pflegt, sind die Beweise einer Lichtzerstreuung, welche nicht allein in der Atmosphäre, sondern auch in unserer Hornhaut infolge unvollkommener Durchsichtigkeit stattfindet. Dieses zerstreute Licht erleuchtet nun die ganze Netzhaut, so daß sie das Bild eines anderen Sternes nur zu empfinden vermag, wenn sein Licht dieses zerstreute Licht wirklich übertrifft.

Was ich Ihnen hier in Bezug auf Nachbarsterne gesagt habe, werden Sie nun wol auf den ganzen Sternenhimmel ausdehnen müssen. Das Licht der Himmelskörper kommt nicht unmittelbar zu uns, sondern erleuchtet zuvor

die Lufttheilchen der ganzen Atmosphäre, und die Netzhaut unseres Auges empfängt nie einen einzelnen Lichteindruck, sondern wird stets in allen ihren Theilen erschüttert. In diesem Lichtschimmer, der stets, bei Nacht wie bei Tage, das Himmelsgewölbe überzieht, werden wir das leuchtende Bild eines Sternes nur dann unterscheiden können, wenn sein Licht um eine gewisse Größe das der erhellten Fläche übertrifft, und die wissenschaftliche Erfahrung hat nachgewiesen, daß dieser Lichtunterschied mindestens $^1/_{64}$ betragen muß. Sie sehen also, warum Sie bei Tage keinen einzigen Stern, bei Nacht immer nur eine beschränkte Zahl von Sternen erblicken können.

Aber man hat ja doch in älterer und neuerer Zeit von hohen Bergen, aus tiefen Schachten, Brunnen oder Höhlen am hellen Tage Sterne gesehen? Sie werden mir daraus hoffentlich keinen ernsten Einwurf machen wollen, denn was die übrigens höchst seltene Sichtbarkeit der Sterne auf hohen Bergen betrifft, so habe ich Ihnen ja schon gesagt, daß mit einer gewissen Erhebung über den Erdboden allerdings die Dichtigkeit der atmosphärischen Schichten, namentlich ihr Dunst- und Feuchtigkeitsgehalt, abnimmt, daß der Himmel in dunklerem Blau erscheint und die Sonne ihre Strahlen verliert. Der Lichtschleier, der gewöhnlich unserem Auge die Sterne verhüllt, kann also in der That dort oben wol einmal so gelüftet werden, daß man durch ihn hindurchschauen kann. In Betreff der Behauptung der Alten, daß sie aus tiefen Brunnen die Sterne am Tageshimmel gesehen hätten, muß ich Ihnen zu bedenken geben, daß für gewöhnlich das Licht von dem Viertel oder gar Drittheil des ganzen Himmelsgewölbes in unser Auge dringt und überdies von der unvollkommen durchsichtigen Hornhaut wie von einem matten Glase über die ganze Netzhaut verbreitet wird, daß dagegen eine solche lange Röhre, als die wir uns einen tiefen Brunnen vorstellen können, den größten Theil des Himmelslichtes abhält, so daß die in einen Punkt vereinigten Strahlen eines Sternes wol einmal das Uebergewicht über die direkt oder durch Zerstreuung denselben Punkt der Netzhaut erhellenden Strahlen des Himmelslichtes erhalten können. Uebrigens ist es noch gar nicht erwiesen, daß jemals ein Mensch am hellen Tage aus einem tiefen Schachte Sterne wahrgenommen hätte. Der Direktor der Salinen von Bex, v. Charpentier, bemerkt, daß die Arbeiter bisweilen absichtlich die Fabel von dem Sehen der Sterne aus tiefen Schächten erzählten, um diese letzteren dadurch interessanter zu machen.

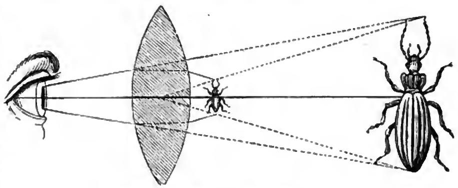
Sie werden sich nun leicht das Sündenregister unseres Auges aufstellen können. Es läßt einmal das zerstreute Himmelslicht ungehindert eintreten und sich über die ganze Nervenfläche ausbreiten. Dann erschüttert das Licht eines Sternes nicht blos eine einzelne Stelle dieser Nervenfläche, sondern noch die Umgebung und erzeugt also ein von falschem Lichte umgebenes, scheibenförmiges Bild. Endlich läßt die kleine Oeffnung der Pupille nur einen Theil des von einem Sterne kommenden Lichtes in das Auge treten, und das Bild verliert so nicht blos an Deutlichkeit, sondern auch an Helligkeit. Die Hauptaufgabe also, welche einem künstlichen Sehen zu stellen ist, wird sein, die Helligkeit und Deutlichkeit des Netzhautbildes zu vermehren bei gleichzeitiger Verminderung der Helligkeit des Gesichtsfeldes.

Ich muß Sie nun zuvörderst an ein Mittel erinnern, dessen Sie sich bedienen, um sich sehr kleine Gegenstände, bei denen dieselbe Undeutlichkeit wie bei sehr entfernten eintritt, deutlich zu machen. Sie suchen einfach solche Gegenstände in großer Nähe zu betrachten, da mit der Nähe der Gesichtswinkel, also auch die Ausdehnung des Netzhautbildes zunimmt. Das ist freilich nur bis zu einer gewissen Grenze ausführbar. Unser Auge besteht nämlich aus drei hinter einander liegenden linsenförmigen Körpern, welche vermöge ihrer lichtbrechenden Eigenschaft die eindringenden Lichtstrahlen sammeln und so von allen leuchtenden Punkten Bilder erzeugen, die sich zu einem Gesammtbilde des Gegenstandes vereinigen. Dieses Ereigniß findet stets in einer bestimmten Entfernung von den Linsen des Auges statt, die man ihre Brennweite nennt. Soll also das erzeugte Bild ein vollkommen deutliches sein, so muß es genau auf der Netzhautfläche entstehen. Nun werden Sie vielleicht noch von der Schule her wissen, daß eine durchsichtige Linse die Vereinigung der von einem leuchtenden Punkte herkommenden Lichtstrahlen nur dann in ihrem Brennpunkte bewirkt, wenn dieser Punkt so weit entfernt ist, daß seine Strahlen als nahezu parallel angenommen werden können. Diese Entfernung, die durch Erfahrung auf etwa 8 Zoll festgestellt ist, können wir als die Grenze des deutlichen Sehens bezeichnen. Bringen Sie nun einen Gegenstand dennoch in eine größere Nähe zum Auge, so wird das Bild auf der Netzhaut allerdings eine größere Ausdehnung gewinnen. Aber zugleich werden die von seinen einzelnen Punkten ausgehenden Strahlen nicht mehr als parallele gelten können, sondern auseinander fahren und sich darum nicht mehr in der Brennweite der Augenlinsen, sondern in etwas weiterer Entfernung vereinigen. Jeder leuchtende Punkt des Gegenstandes wird also auf der Netzhaut nicht mehr das Bild eines Punktes, sondern vielmehr eine kleine ausgedehnte Fläche erzeugen. Die benachbarten Bilder auf der Netzhaut werden folglich übereinander greifen, und so muß das Gesammtbild des Gegenstandes ein undeutliches werden.

Das ist freilich ein Uebelstand, der jede nahe Betrachtung eines Gegenstandes unmöglich zu machen scheint. Aber Sie haben ja längst gelernt, auch diesen Uebelstand zu beseitigen. Sie nehmen eine Lupe zu Hülfe. Das scheint Sie zu befremden, da Sie bisher eine ganz andere Vorstellung mit den Wirkungen einer Lupe verbunden haben. Sie glaubten, die Lupe vergrößere Ihnen die Gegenstände, und jetzt sage ich Ihnen, sie hebt nur die Undeutlichkeit eines bereits im Auge vorhandenen vergrößerten Bildes auf. Ich will mich näher erklären. Eine Lupe ist eine Glaslinse, und Sie werden wissen, daß eine Linse die Eigenschaft besitzt, alle von einem in ihrer Brennweite gelegenen Punkte ausgehenden Strahlen bei ihrem Durchgange durch die Linse so abzulenken, daß sie unter sich parallel in einer durch den strahlenden Punkt und den Mittelpunkt der Linse bestimmten Richtung austreten. Bringen Sie also eine Linse in eine solche Entfernung von Ihrem Auge, daß der kleine Gegenstand, den Sie betrachten wollen, sich genau in der Brennweite derselben befindet, so werden von jedem Punkte dieses Gegenstandes nur noch parallele Strahlen in das Auge gelangen, und es wird auf der Netzhaut zwar wieder ein in der Nähe des Gegenstandes entsprechend vergrößertes Bild entstehen, aber nicht mehr ein verwaschenes,

sondern ein völlig klares und deutliches. Die untenstehende Figur giebt von dieser Wirkung der Linse eine Vorstellung.

Im gewöhnlichen Leben pflegen Sie zu sagen, eine Lupe vergrößere Ihnen die Gegenstände. Das ist nun nicht ganz richtig. Sie müßten eigentlich sagen, eine Lupe gestatte Ihnen, die Gegenstände in größerer Nähe zu betrachten, ohne Verminderung der Deutlichkeit. Eine Linse von einem Millimeter Brennweite gestattet die Betrachtung eines Gegenstandes in zehnmal größerer Nähe als eine Linse von 10 Millimeter Brennweite, und vergrößert darum auch zehnmal mehr als diese. Die vergrößernde Kraft einer Linse entspricht also der Kürze ihrer Brennweite, und wie weit es die menschliche Kunst in der Erzeugung solcher Linsen zu bringen vermag, davon hat bereits im vorigen Jahrhundert der Neapolitaner di Torre den Beweis geliefert, der eine Linse von $^1/_{10}$ Millimeter Brennweite verfertigte, die also ungefähr eine 2500fache Vergrößerung gewährte.

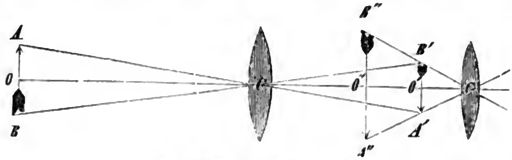


Virtuelles Bild bikonvexer Linsen.

Was hat nun aber eine Linse mit dem Himmel zu schaffen? werden Sie fragen. Wir können doch nicht die Sterne herunterholen, um sie durch Lupen zu betrachten! Dennoch sollen Sie es. Freilich können Sie nicht die Sterne vom Himmel holen, aber Sie können sich Bilder davon verschaffen, die Sie durch eine Lupe betrachten können. Ich habe Ihnen schon bei Gelegenheit des Auges gesagt, daß eine Linse die Eigenschaft hat, von einem Gegenstande, der weit genug entfernt ist, daß alle von einem Punkte desselben ausgehenden Strahlen beim Durchgang durch die Linse als parallel angesehen werden können, in ihrer Brennweite ein treues Bild dieses Gegenstandes zu erzeugen. Auch ein metallener Hohlspiegel erzeugt ein solches Bild, nur mit dem Unterschiede, daß es hier vor dem Spiegel durch die zurückgeworfenen, dort hinter der Linse durch die gebrochenen Strahlen entsteht. Dieses Bild ist natürlich kleiner als der Gegenstand selbst, aber um so größer, je größer die Brennweite der Linse oder des Hohlspiegels ist, zugleich um so heller, je größer die Fläche ist, welche die Strahlen des Gegenstandes auffängt.

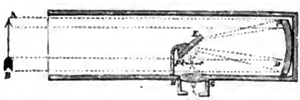
Da haben Sie nun die Grundzüge aller Fernröhre und Teleskope. Verschaffen Sie sich durch eine Linse oder einen Hohlspiegel von großer Brennweite und möglichst großen Dimensionen das Bild eines Sternes, und betrachten Sie dieses Bild durch eine Lupe, d. h. eine Linse von möglichst kleiner Brennweite, so thun Sie Alles, was der Astronom thut, wenn er durch die kostbaren Instrumente blickt, die Sie hier in der Sternwarte sehen. In dem Fernrohre haben Sie nur die beiden Gläser in ein Rohr gefaßt, damit sie leichter in die erforderliche Stellung zueinander gebracht werden können. Das kleine Glas, das die Stelle der Lupe vertritt, und das Sie an das Auge halten, heißt hier das Ocular, das größere Glas, das die Bilder im Innern des Fernrohres

erzeugt, das Objektiv. Das kleinere Rohr, welches die Okularlinse enthält, ist überdies beweglich und verschiebbar, damit man das Okular sowol nach seiner Eigenthümlichkeit, als nach der des Auges richtig einstellen kann. In den Spiegelteleskopen vertritt der Hohlspiegel die Stelle des Objektivs. Das Auge, welches das in diesem Spiegel erzeugte Bild durch das Okular betrachten will, muß also seine Stellung diesem Spiegel gegenüber haben. Dabei würde aber der Kopf des Beschauers einen großen Theil des einfallenden Lichtes von dem Spiegel abhalten, und um dies zu verhindern, hat man verschiedene Vorrichtungen angewandt. Newton, einer der ersten, welche von Spiegelteleskopen bei astronomischen Beobachtungen Gebrauch machten, ließ das Bild des Hohlspiegels auf einen vor demselben unter einer Neigung von 45° angebrachten, kleinen, ebenen Spiegel fallen, auf dem es von der Seite her durch eine Okularlinse betrachtet werden konnte. In dem noch früher gebräuchlichen Gregory'schen Teleskope befindet sich gerade dem großen Hohlspiegel gegenüber am Ende des Rohres ein zweiter kleiner Hohlspiegel, welcher das Bild des ersteren auffängt und abermals ein Bild davon erzeugt, das durch eine in der Mitte des großen Spiegels angebrachte Oeffnung vermittels einer Okularlinse betrachtet werden kann. Bei diesen Einrichtungen erleidet freilich die Helligkeit des Bildes infolge der doppelten Zurückwerfung eine bedeutende Verminderung. Herschel hat daher bei seinem Rieseninstrumente diese Schwächung dadurch zu vermindern gesucht, daß er dem großen Spiegel eine etwas geneigte Stellung gab, sodaß die Bilder also nicht mehr in der Axe des Rohres, sondern an seinem äußeren Umfange nahe an der oberen Oeffnung erzeugt wurden und hier unmittelbar ohne Dazwischenkunft eines zweiten Spiegels durch das Okular beobachtet werden konnten.



Durchschnitt eines Fernrohrs.

C die Objektivlinse. C' das Okular. AB der leuchtende Gegenstand. A'B' das Objektivbild. A''B'' das durch das Okular vergrößerte Bild.



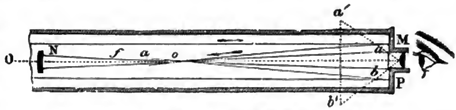
Durchschnitt des Newton'schen Teleskops.

CD der Hohlspiegel, EF der Planspiegel. GH das Okular.

Sie kennen nun im Wesentlichen die Einrichtung der astronomischen Sehapparate, die man, je nachdem die Bilder in ihnen durch Linsen oder durch Spiegel erzeugt werden, oft als Fernrohr und Teleskop, passender als Refraktor und Reflektor unterscheidet. Lassen Sie uns nun auch die Leistungen dieser Apparate näher prüfen!

Wie und worin können diese Leistungen wol anders bestehen, als in der Vergrößerung? werden Sie nach der Vorstellung, die Sie bisher von Fernrohren hatten, sagen. Gut, lassen wir es denn bei der Vergrößerung!

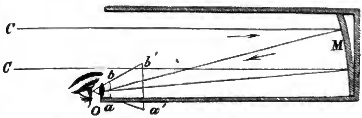
Sie wissen nun aber schon, daß diese Vergrößerung von zwei Umständen abhängt, einmal von der Brennweite des Okulars, dann von der Brennweite des Objektivglases oder Hohlspiegels. Je größer die Brennweite des Hohlspiegels oder der Objektivlinse, desto kleiner werden die Bilder, die sie erzeugen. Je kleiner aber die Brennweite des Okulars, in desto größerer Nähe gestattet es die Bilder zu betrachten, und desto größer erscheinen diese. Sie sehen also, das Maß



Durchschnitt des Gregory'schen Teleskops.

N der kleine dem Hauptspiegel gegenüberstehende Hohlspiegel, ab das Bild desseben, MP das Okular, a'b' das vergrößerte Bild des letzteren.

für die vergrößernde Kraft eines Fernrohrs wird bedingt durch das Verhältniß zwischen den Brennweiten des Objektivs und des Okulars. Sie werden also nicht mehr fragen können, wie viel Mal dieses oder jenes bestimmte Fernrohr vergrößere, denn Sie wissen ja, daß es je nach dem Okular, das man anschraubt, ganz verschiedene Vergrößerungen gewähren muß. Sie werden aber dafür jetzt fragen müssen: welches ist die stärkste Vergrößerung, die ein Fernrohr verträgt, oder bis zu



Durchschnitt des Herschel'schen Teleskops.

M der geneigte Spiegel, ab das Bild desselben, O das Okular und a'b' das vergrößerte Bild desselben.

welcher Grenze darf man das Okular verschärfen, d. h. seine Brennweite verkürzen, ohne der Deutlichkeit des Objektivbildes zu schaden? Sie sehen nicht ein, warum Sie so fragen sollen! Nun, so werden Sie doch zugeben müssen, daß die Deutlichkeit eines Bildes auch von seiner Helligkeit abhängt, und daß diese Helligkeit verschieden wird je nach der Fläche, über welche eine bestimmte Lichtmenge ausgebreitet ist. In je größerer Nähe Sie nun durch ein Okular das Objektivbild betrachten, einen desto größern Raum nimmt dieses Bild auf Ihrer Netzhaut ein, desto mehr verliert es also auch an Helligkeit, und es wird daher eine Grenze geben, wo Ihnen der Helligkeit wegen für ein bestimmtes Objektiv keine fernere Vergrößerung durch das Okular gestattet ist.

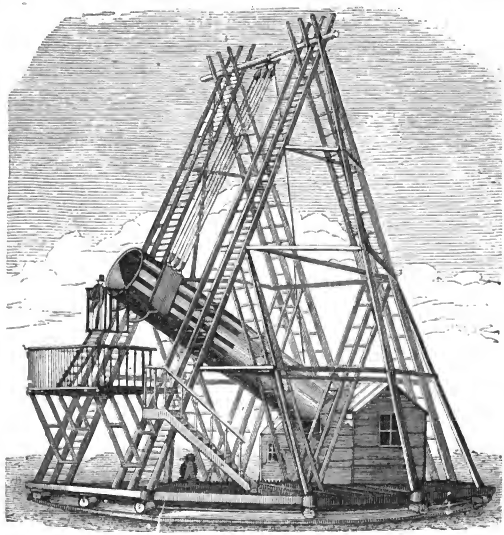
Jetzt darf ich Ihnen nun wol auch sagen, daß eine zweite, wichtige, oft ganz allein entscheidende Leistung des astronomischen Fernrohrs die Vermehrung der Helligkeit ist. Dieser von Laien sehr übersehene Punkt, durch den doch so wesentlich der Gebrauch und die Einrichtung des Fernrohrs bedingt ist, findet seine Erklärung in einem höchst einfachen Umstande. Denken Sie sich einen fernen, leuchtenden Punkt, so gelangt bei der Beobachtung mit bloßem Auge von dem Lichte, das er uns sendet, gerade so viel auf die Netzhaut, als die Oeffnung der Pupille aufnimmt. Wollen Sie nun denselben Punkt durch ein Fernrohr betrachten, so wird das ganze Licht, welches durch das Objektiv einfällt, in das Auge gelangen und dort also eine um so größere Helligkeit erzeugen, als die Objektivöffnung des Fernrohrs die Oeffnung der Pupille übertrifft. Lassen Sie uns diese Sache noch etwas weiter verfolgen! Zur bloßen Deutlichkeit des

Sehens erfordert Ihre Netzhaut offenbar nur einen bestimmten Grad der Helligkeit. Da nun durch die Objektivöffnung eines Fernrohrs mehr Licht in Ihr Auge kommt, so wird, um dieselbe, für das deutliche Sehen genügende Helligkeit zu gewähren, der leuchtende Punkt um so viel entfernter sein können. Sie sehen also, das Fernrohr macht Ihnen Gegenstände sichtbar, die jenseits der natürlichen Sehgrenze liegen, es dringt weiter in die Himmelsräume ein, als die natürliche Kraft des Auges. Wollen Sie also die raumdurchdringende Kraft eines Fernrohrs nach Zahlen bestimmen, so haben Sie vorzugsweise die Weite der Objektivöffnung zu berücksichtigen, dürfen freilich auch die Unvollkommenheiten in der Durchsichtigkeit des Glases wie der Atmosphäre nicht vernachlässigen. Sie werden dann finden, daß ein Fernrohr von 1 Zoll Oeffnung etwa $4^1/_5$ mal, ein 2zölliges $7^1/_3$mal, ein 5zölliges 14mal, ein 9zölliges 20mal und ein 14zölliges 25mal weiter in den Himmelsraum vorzudringen vermag, als das bloße Auge. Wilhelm Herschel hat berechnet, das sein zwanzigfüßiges Riesenteleskop 75mal und sein vierzigfüßiges 192mal weiter in den Raum einzudringen vermochte als das unbewaffnete Auge.

Wie steht es nun aber mit dieser vermehrten Helligkeit des Bildes im Fernrohr, wenn wir es durch verschiedene Okulare, also unter verschiedenen Vergrößerungen betrachten? Wir werden hier einen Unterschied machen müssen, je nachdem wir es mit leuchtenden Flächen oder blos mit leuchtenden Punkten, also mit Planeten oder Fixsternen zu thun haben. Betrachten wir zunächst die Planeten, die uns um ihrer Nähe wegen als kleine Scheibchen gelten müssen! Das Okular vermag offenbar nicht mehr Licht in das Auge zu senden, als es von dem Objektiv empfängt. Alle Bilder eines Planeten, welche Vergrößerung auch angewandt wird, werden also immer nur durch dieselbe Lichtmenge erzeugt werden. Nun ist es natürlich, daß wenn dieselbe Lichtmenge über eine größere Netzhautfläche verbreitet wird, die Helligkeitsempfindung sich vermindern muß. Die Helligkeit eines Planetenbildes wird also beträchtlich abnehmen mit der Vergrößerung, und stark vergrößernde Okulare werden also keineswegs bei Planetenbeobachtungen große Verwendung finden können.

Ganz anders ist es bei den Fixsternen. Hier haben wir es wirklich der großen Entfernungen wegen mit leuchtenden Punkten zu thun, deren Licht also nicht auf der Netzhaut ausgebreitet wird. Hier bleibt demnach wirklich die Helligkeit des Bildes für alle Okulare unveränderlich, da eine Vergrößerung des Bildes nicht stattfindet. Ja diese Helligkeit wächst sogar mit der vergrößernden Kraft des Okulars. Das Gesichtsfeld nämlich, in welchem der Stern erscheint, und dessen Lichtmenge natürlich von der Größe der Objektivöffnung abhängt, erfährt durch das Okular eine Vergrößerung und damit eine eben solche Schwächung seiner Helligkeit, wie das vergrößerte Bild eines Planeten. Der Stern erscheint also auf einem dunkleren Felde und hebt sich um so schärfer von diesem Grunde ab, je stärker die Vergrößerung ist. Zugleich wird dabei das falsche Licht, welches der brechenden Atmosphäre und der unvollkommenen Durchsichtigkeit der Hornhaut wegen stets das Bild eines Fixsterns umgiebt, verringert, und der Stern erscheint kleiner und schärfer begrenzt, als dem bloßen Auge; um so kleiner, je mehr das Okular vergrößert. Auch dies trägt wesentlich zur Sichtbarkeit der

Fixsterne bei, denn auf einen je kleinern Raum dieselbe Lichtmenge vereinigt ist, desto größer ist die Helligkeit. Wenn Tycho Brahe für das bloße Auge den Durchmesser der hellen Fixsterne auf 1—1½ Minute schätzte, so verringert ein gutes Fernrohr diesen Durchmesser auf etwa 3 Sekunden. Nehmen wir aber auch nur an, daß die Durchmesser der kleinen Kreisscheiben, über welche sich in beiden Fällen das Licht eines Sternes ausbreitet, sich wie 20:1 verhalten, so wird das Verhältniß der Flächen und dem entsprechend der Lichtstärken selbst gleich 400:1.



Herschel's Riesenteleskop.

Nun haben wir gesehen, daß beim Sehen mit bloßem Auge das Bild eines leuchtenden Punktes nur dann auf unserer Netzhaut empfunden wird, wenn seine Helligkeit mindestens um $^1/_{64}$ größer ist als die von atmosphärischem Lichte bewirkte Erleuchtung der Netzhaut. Beim teleskopischen Sehen wird ein Stern also sichtbar werden, wenn dieser Helligkeitsunterschied noch 400 mal geringer ist.

Ich darf aber freilich nicht vergessen hinzuzufügen, daß diese äußerste Grenze der Sichtbarkeit nur durch Hinzukommen eines anderen Umstandes erreichbar wird. Es ist nämlich eine Eigenthümlichkeit der Netzhaut unseres Auges, daß sie für kurze, schnell wechselnde Lichtreize emfindlicher ist, als für dauernde. Lichtschwache Gegenstände, die ruhend mit bloßem Auge nicht mehr wahrgenommen werden können, heben sich deutlich von ihrem Hintergrunde ab, sobald sie einigermaßen schnell bewegt werden. Humboldt erzählt in seinem Kosmos, daß er einst bei Quito seinen Reisegefährten Bonpland in einer Entfernung

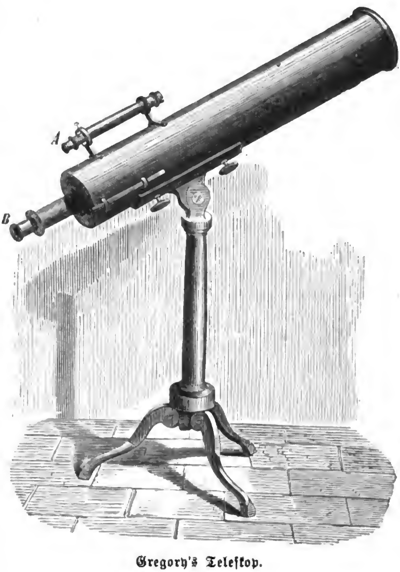
von $3^{7}/_{10}$ geogr. Meilen mit unbewaffneten Augen als einen weißen, sich vor den schwarzen basaltischen Felswänden des Vulkans Pichincha fortbewegenden Punkt erkannte. Diese Einflüsse der Bewegung dürfen wir nun auch bei den Sternen nicht vergessen. Auch sie sind vermöge der täglichen Umdrehung des Himmelsgewölbes in einer beständigen Bewegung. Freilich ist die Geschwindigkeit dieser Bewegung für das bloße Auge nicht groß genug, um die Sichtbarkeit begünstigen zu können. Betrachten wir aber einen Stern durch ein Fernrohr, so erscheint nicht blos sein Bild kleiner und schärfer, sondern auch seine Bewegung wird vergrößert, weil gleichsam der zarte atmosphärische Schleier, hinter dem wir es sich bewegen sehen, vergrößert ist. Diese Bewegung kann also wol einen Werth erreichen, der die Sichtbarkeit eines schwachen Lichts auf einem erhellten Hintergrunde erleichtert. Bei Planeten und kleinen Monden kann dieser Einfluß sogar von wesentlicher Bedeutung werden.

Ich denke Sie überzeugt zu haben, daß ein Fernrohr, indem es gleichzeitig die Helligkeit des Objektes vermehrt und das Gesichtsfeld verdunkelt und damit namentlich die Lichtunterschiede vergrößert, sowol am nächtlichen Himmel Millionen bis dahin unsichtbarer Sterne aus der Tiefe des Raumes hervorzaubern, als auch den Tageshimmel mit leuchtenden Sternen besäen kann.

Sie werden nun freilich auch begierig sein zu erfahren, wie weit es die Kunst in der Verfertigung solcher Instrumente eigentlich gebracht hat. Wenn Galilei vor etwa dritthalb Jahrhunderten seine Entdeckung der Jupiterstrabanten noch mit einem Fernrohr von siebenmaliger Vergrößerung machte, wenn 170 Jahre später William Herschel zu seinen Fixsternbeobachtungen bereits 6500malige Vergrößerung anwandte, und wenn wir dann heutigen Tages auf der Irischen Insel jenes Riesenteleskop Lord Rosse's aufgestellt sehen, das noch einmal so tief, als das beste Herschel'sche Instrument in die Tiefen des Himmelsraums einzudringen gestattet, so offenbart sich darin ein Fortschritt, der nur mit dem der Wissenschaft selbst zu vergleichen ist. Dennoch könnten Sie meinen, daß, nachdem die Theorie einmal erkannt war, doch auch die vollkommenen Instrumente der Gegenwart unmittelbar aus den Händen der Kunst hätten hervorgehen können. Sie kennen freilich die Schwierigkeiten noch nicht. Jetzt, nachdem ich Ihnen von den wunderbaren Leistungen dieser Instrumente erzählt habe, werde ich Ihnen auch ihre Schwächen nicht länger vorenthalten dürfen.

Lassen Sie mich zunächst von den Linsenfernröhren sprechen, die ja den ersten Anstoß zu den neueren astronomischen Forschungen gaben und über ein Jahrhundert lang die unbestrittene Herrschaft auf diesem Gebiete behaupteten. Von der Wichtigkeit der Objektivlinse glaube ich Sie überzeugt zu haben. Sie werden einsehen, daß von der Deutlichkeit des Bildes, welches die Objektivlinse erzeugt, auch die Deutlichkeit des durch das Okular vergrößerten Bildes abhängt. Diese Deutlichkeit aber setzte voraus, daß alle von einem leuchtenden Punkte herkommenden Strahlen auch in einem einzigen Punkt, dem sogenannten Brennpunkt, durch die Linse vereinigt würden. Ich konnte Ihnen, ohne mich auf weitläufige mathematische Erörterungen einzulassen, nicht nachweisen, daß nur eine einzige bestimmte Form der Krümmung es ist, welche diese Bedingung erfüllt. Die Kugelform, welche man der Schwierigkeit wegen, die mit dem

Schleifen der Linsengläser verbunden ist, gewöhnlich diesen Gläsern giebt, entspricht aber dieser theoretisch geforderten Form keineswegs. Vielmehr haben die verschiedenen Zonen solcher Linsen verschiedene Brennpunkte, und die Strahlen, welche nahe an dem Rande der Linse durchgehen, werden stärker gebrochen als die in der Mitte durchgehenden. Die Folge davon ist, daß jeder Punkt eines leuchtenden Gegenstandes im Bilde nicht mehr als Punkt, sondern als kleine Fläche erscheint, woraus natürlich auch ein undeutliches Gesammtbild hervorgehen muß. Sie werden einsehen, daß eine große Geschicklichkeit von Seiten des Schleifers dazu gehört, wenn diese Fehler in der Krümmung der Linsen beseitigt oder wenigstens fast unschädlich gemacht werden sollen, und daß man zu einer Zeit, wo man diese Geschicklichkeit durch Erfahrung und Scharfsinn noch nicht erlangt hatte, auch nicht daran denken konnte, bedeutende Vergrößerungen auf diese undeutlichen Bilder anzuwenden. Alle Bestrebungen des 17. Jahrhunderts liefen daher darauf hinaus, außerordentlich lange Fernröhre zu verfertigen, d. h. Objektivlinsen von möglichst großen Brennweiten zu erzeugen, welche natürlich auch große Länge des Rohres bedingten. Man verlegte also die vergrößernde Kraft vorzugsweise in das Objektiv und erreichte dadurch, daß man



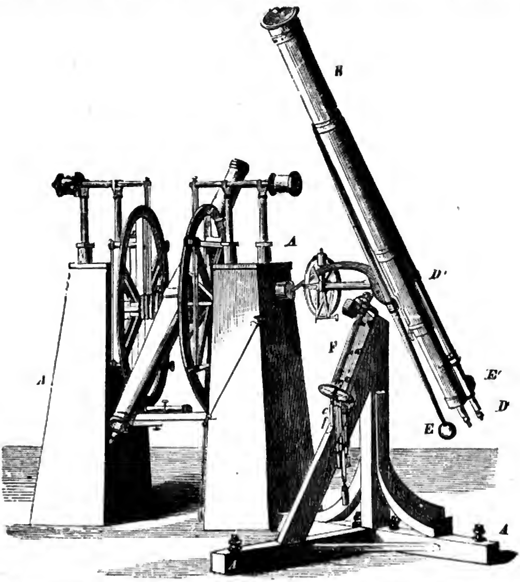
Gregory's Teleskop.

sich mit schwachen Okularen begnügen konnte, welche die Fehler des Bildes nicht gar zu stark vergrößerten. Besonders in Italien brachte man es in der Kunst, solche Fernröhre herzustellen, außerordentlich weit. Eustachius de Divinis erlangte damit zuerst einen hohen Ruf, aber er wurde bald von Joseph Campani in Rom übertroffen, der schon 1652 ein Fernrohr verfertigte, mittels dessen man die Streifen des Planeten Jupiter deutlich sehen konnte. Campani ging in seinen Bestrebungen, große Fernröhre herzustellen, rasch immer weiter und gelangte bald zu Instrumenten von 6 und 9 Metern Brennweite. Auf Bestellung des französischen Ministers Colbert verfertigte er ein Fernrohr-Objektiv von 38 Metern Brennweite, mit dem man freilich damals in Paris nichts anzufangen wußte. Lalande hat dieses Glas später in Bologna gefunden und erklärte es

für eines der besten existirenden Fernrohrgläser. Ebenfalls in Bologna befinden sich auch die kupfernen Schalen, in welchen Campani seine Gläser schliff; sie wurden vom Papste Benedikt XIV. käuflich erworben und mit dem oben genannten Objektivglase der Akademie zu Bologna geschenkt. Den größten Nutzen gewährten die Campani'schen Fernröhre der Astronomie in den Händen von Dominikus Cassini, wie wir noch später sehen werden. Uebrigens waren die Preise solcher Instrumente enorm hoch; selbst der reiche Danziger Hevelius, der ungeheuere Summen auf seine Sternwarte und die Herausgabe seiner Beobachtungen verwandte, schrak vor den Kosten eines großen italienischen Fernrohres zurück und zog es vor, sich selbst an die Verfertigung desselben zu machen. Er muß auch wol zu befriedigenden Resultaten gelangt sein, denn gelegentlich verschiedener Besuche, welche die polnischen Könige Casimir und Johann III. dem Danziger Astronomen abstatteten, erfahren wir interessante Einzelheiten über gewisse Erscheinungen, welche der König durch Hevelius' Fernrohr wahrnahm. Mittels seines großen Fernrohres stellte Hevelius auch die erste genauere Mondkarte her. Huyghens, der Entdecker des ersten Saturntrabanten, beobachtete mit einem Fernrohr von 35 Metern Länge. Auzout konstruirte ein Objektiv von beinahe 100 Metern Brennweite, das eine 600malige Vergrößerung ertrug. Natürlich konnten solche Riesenfernröhre nicht mehr wirkliche Rohre sein, wie unsere heutigen kleinen Fernröhre, sondern die Objektive waren an hohen Masten befestigt, und nur die Okulare steckten in kleinen Röhren, mit denen man nach dem Objektiv visirte. Diese Leidenschaft für lange Fernröhre und zugleich dieses Vertrauen auf ihre Leistungen ging so weit, daß Hooke, der bekannte Nebenbuhler Newton's, den abenteuerlichen Vorschlag machte, ein drei Kilometer langes Fernrohr (also fast von der Länge einer halben geographischen Meile) zu bauen, durch das man dann die Geschöpfe auf dem Monde sehen werde.

Die Unbequemlichkeit in der Handhabung solcher hundertfüßigen Fernröhre oder vielmehr losen, nur durch Stricke einzustellenden Linsenpaare, entzog allmählich den Linsenfernröhren die Gunst der Astronomen und verschaffte in der ersten Hälfte des achtzehnten Jahrhunderts den von Newton erfundenen Spiegelteleskopen das Uebergewicht. Zwar waren auch diese mit jenem Fehler der sphärischen Form behaftet, aber sie gewährten den Vortheil, daß man den Spiegeln leicht größere Dimensionen geben und dadurch die Helligkeit der Bilder in einem Grade erhöhen konnte, wie es bei Linsen kaum ausführbar erschien. Sie dürfen freilich nicht glauben, daß ein Spiegelteleskop bei gleicher Objektivöffnung auch eine gleiche Helligkeit, wie ein Linsenteleskop giebt. Bei der Spiegelung erleidet das Licht eine zu bedeutende Schwächung. Kaum zwei Drittel des auffallenden Lichtes werden von dem Metallspiegel zurückgeworfen, und da bei den Newton'schen und Gregory'schen Teleskopen sogar eine zweimalige Spiegelung stattfindet, so konnte bei einer Vergleichung mit den Linsenröhren nicht einmal die Hälfte der Objektivöffnung in Betracht kommen. Jedenfalls aber war dem Verlangen nach dem Riesenmäßigen hier eine günstigere Aussicht eröffnet als dort. Ehe diese Aussicht sich aber erfüllte, wurde eine Entdeckung gemacht, die den Linsenfernröhren abermals die ungetheilte Aufmerksamkeit der Astronomen zuwandte und ihnen bis heute eine bleibende Stätte in den Beobachtungssälen derselben sicherte.

Die Fehler der sphärischen Gestalt der Linsen lassen sich durch mechanische Geschicklichkeit mit der Zeit beseitigen. Aber die Linsen sind noch mit einem anderen Mangel behaftet, gegen den keine mechanische Kunst hilft, und der so in der Natur des Lichtes begründet ist, daß selbst ein Newton an der Möglichkeit seiner Beseitigung verzweifelte. Ein Lichtstrahl wird nämlich durch eine Linse nicht allein gebrochen, sondern auch in Farben zerstreut



Das Repsold'sche Mittagsrohr in Pulkowa und der Fraunhofer'sche Refraktor in Dorpat.

Das weiße Licht ist keineswegs so einfacher Natur, als es scheint, sondern besteht aus verschiedenen, farbigen Strahlen, deren Theilchen sich in verschiedenen Schwingungsständen befinden, und die darum auch ganz verschiedene Ablenkungen durch brechende Mittel erfahren. Solche verschiedene Brechbarkeit bedingt aber auch verschiedene Brennpunkte, die um so weiter von der Linse entfernt liegen werden, je weniger der farbige Strahl gebrochen wurde, d. h. je näher seine Farbe dem Roth liegt. Sie sehen also, daß beim Durchgange durch eine Linse jeder der farbigen Strahlen sein besonderes Bild erzeugt, und daß wir also statt eines einzigen weißen Bildes, wie verlangt wurde, eine Reihe von hintereinander liegenden, gesonderten, farbigen Bildern erhalten. Nur eines dieser Bilder kann natürlich in der Brennweite der Okularlinse betrachtet werden, nur eines kann also bei seiner Vergrößerung ein deutliches Bild erzeugen. Die übrigen Bilder vermischen sich aber mit diesem einen deutlichen Bilde, und wenn sie sich auch in

der Mitte decken und dadurch das Bild wieder weiß erscheinen lassen, so daß nur an den Rändern die Spuren der farbigen Bilder sichtbar werden, so muß doch die Deutlichkeit des Gesammtbildes unter dieser Vielfältigkeit der Bilder leiden.

Von diesem Uebelstande, der mehr als Alles jeden Gebrauch einer starken Vergrößerung verhinderte, befreite Dollond's Konstruktion im Jahre 1759 die Linsenfernröhre. Lassen Sie mich Ihnen diesen Fortschritt mit möglichst wenigen Worten klar machen. Er beruht einfach auf dem Umstande, daß das Brechungsvermögen verschiedener Körper keineswegs mit ihrer Farbenzerstreuung ganz zusammenfällt, daß also zwei durchsichtige Körper einen Lichtstrahl gleich stark brechen, d. h. ablenken können, während die Farben, die sie erzeugen, in dem einen Bilde auf einen doppelt so kleinen Raum zusammengedrängt sind als in dem andern. Sie wissen nun, daß eine hohlgeschliffene Linse in Bezug auf die durchgehenden Strahlen gerade die entgegengesetzten Wirkungen wie eine erhaben geschliffene ausübt. Man könnte also die durch das Objektivglas gegangenen Strahlen nochmals durch eine auf einer Seite hohlgeschliffene Linse gehen lassen, deren Material ihr aber eine solche Eigenschaft verleihen müßte, daß sie nur die Farbenzerstreuung aufhöbe, ohne die Brechung ganz zu vernichten. Ein solches Material lehrte Dollond in einem bleihaltigen Glase, dem sogenannten Flintglase, kennen, und die Verbindung einer halb hohl geschliffenen Flintglaslinse mit einer erhabenen Crownglaslinse ist es, die wir seit Dollond unter dem Namen der achromatischen Linse kennen. Durch sie ist die Undeutlichkeit wegen vielfacher Farbenbilder fast gänzlich beseitigt. Allerdings ist gleichzeitig dadurch die Brennweite der Linsen bedeutend verkürzt und damit eine erhöhte Anforderung an die Geschicklichkeit des Schleifers gestellt. Der Erste, der die Möglichkeit achromatischer Objektive behauptete, war L e o n h a r d E u l e r, einer der scharfsinnigsten Mathematiker aller Zeiten. Er ging dabei von der Ansicht aus, daß, weil das menschliche Auge achromatisch sei, so müsse es möglich sein, durch Anwendung konvex-konkaver Glaslinsen und geeigneter Flüssigkeiten, welche den hohlen Raum dazwischen ausfüllten, farblose Bilder zu erhalten. Außer einer mathematischen Untersuchung vom Jahre 1747 über diesen Gegenstand beschäftigte sich Euler indeß nicht weiter damit. Wenige Jahre später bewies K l i n g e n s t i e r n a durch eine andere Untersuchung ebenfalls die Möglichkeit achromatischer Objektive, und jetzt zögerte John Dollond nicht länger, sich durch den Versuch davon zu überzeugen. Statt der Flüssigkeiten wählte er jedoch zwei verschiedene Glasarten, welche in England unter dem Namen Crown- und Flintglas bekannt sind, und sein Versuch gelang in überraschender Weise. Im Jahre 1758 brachte Dollond das erste fünffüßige achromatische Fernrohr zu Stande, welches in seinen Leistungen die meisten damals vorhandenen großen Instrumente in jeder Beziehung bedeutend übertraf.

Die meisten Dollond'schen Refraktoren besaßen Objektive, welche aus drei Gläsern bestanden, einer mittleren bikonkaven Flintglaslinse und zwei konvexen Crownglaslinsen; doch lieferte der englische Künstler später auch Objektive mit nur zwei Linsen und diese sind jetzt allgemein in Anwendung. Seit Dollond hat die Kunst, achromatische Objektive herzustellen, ununterbrochene Fortschritte gemacht und die Hoffnungen der Astronomen immer höher gespannt.

Daß die Kunst die Erwartungen der Astronomen nicht getäuscht hat, davon liefert Fraunhofer den sichtlichsten Beweis. Aus seiner Hand gingen die großen Refraktoren der Dorpater und der Berliner Sternwarte hervor, die eine Objektivöffnung von 9 Zoll und eine Brennweite von 13⅓ Fuß besitzen. Unter seinen Nachfolgern Merz und Mahler schuf die von ihm begründete Fabrik in Benediktbeuern unweit München die noch größeren Refraktoren der Sternwarten von Pulkowa und Cambridge in Nordamerika, beide mit Objektiven von 36 Centimeter Oeffnung und über 6½ Meter Brennweite versehen. Die stärksten Vergrößerungen dieser Instrumente gehen bis 2000. In neuester Zeit sind diese Leistungen übrigens weit übertroffen worden durch die genialen Arbeiten der Nordamerikaner. Die ersten Nachrichten, welche von dort über den Bau wahrhaft riesiger Refraktoren nach Europa kamen, wurden hier mit Kopfschütteln aufgenommen und als Humbug betrachtet; aber bald ließ sich nicht mehr bezweifeln, daß nordamerikanische Beobachter im Besitze von Refraktoren seien, welche den größten europäischen Instrumenten dieser Art weit an optischer Kraft überlegen wären. Die erste Bedingung der Möglichkeit großer Refraktoren ist die Herstellung homogenen, streifenfreien Flintglases, woraus das Objektiv geschliffen werden kann. Pierre Louis Guinand, geboren um 1744 zu Brenets im Kanton Neuchâtel war der Erste, dem es seit 1773 gelang, einige Fortschritte in der Herstellung größerer Stücke von Flintglas zu erzielen; allein erst Fraunhofer brachte diese Kunst zu höherer Blüte. Um den Fortschritt in dieser Beziehung durch ein bestimmtes Datum zu fixiren, sei bemerkt, daß das Flintglas zu dem Objektiv des Dorpater Refraktors, am 18. Dezember 1817 geschmolzen wurde. Die Bereitungsweise des Glases in der Fabrik zu Benedikt-Beuern wurde als Geheimniß bewahrt; sie scheint aber nach Fraunhofer's Tode von seinen Nachfolgern Mahler und Merz noch bedeutend vervollkommnet worden zu sein, denn ersterer lieferte Objektive von 28 Centimeter, letzterer sogar von 42 Centimeter Weite. Größere Glasscheiben in rohem Zustande wurden von dem optischen Institute in München nie in den Handel gebracht und solange daher die Bereitung gleich fehlerfreien Glases in großen Stücken von anderer Seite nicht gelang, blieb der Fortschritt in der Konstruktion großer Refraktoren lediglich von den Fortschritten der Technik in jenem Institute abhängig. Lange Zeit schlugen alle Versuche zur Herstellung geeigneter großer Glasmassen fehl und das, was Guinand, Bontemps, Daguet und Andere lieferten, konnte die Konkurrenz mit München nicht bestehen. In neuester Zeit gelang es jedoch Feil in Paris und besonders der Firma Chance Brothers und Comp. in Birmingham, sehr große fehlerfreie Glasscheiben für Fernrohrobjektive herzustellen und dem Münchener Institute sein Monopol zu entreißen. Schon im Jahre 1855 bot die Firma Chance Brothers der Pariser Sternwarte zwei große Glasscheiben aus Flint- und Crownglas von 75 Centimeter Durchmesser für den Preis von 50,000 Frcs. oder 40,000 Mark an und Foucault, der dieselben optisch untersuchte, sprach sich dahin aus, daß sie ein vorzügliches Fernrohrobjektiv liefern dürften. Seitdem hat die genannte Firma noch größere Glasmassen von ausgezeichneter optischer Qualität in den Handel gebracht und dadurch die Optiker in den Stand gesetzt, sich unabhängig von der

Münchener Anstalt an der Herstellung großer Objektive zu versuchen. Wie weit ihnen dies in Nordamerika gelungen ist, davon haben wir jetzt durch Professor E. Weiß, der im Jahre 1872 die hauptsächlichsten Sternwarten der Union besuchte, authentische Mittheilungen. So besitzt z. B. die Sternwarte in Albany einen Refraktor mit 32centimetrigem Objektive von H. Fitz, eines in Europa so gut wie gar nicht bekannten Künstlers. Die Sternwarte des Hamilton Collége zu Clinton hat einen noch um eine Kleinigkeit weiteren Refraktor von H. A. Spencer. Es ist dies das Instrument, mit welchem C. G. F. Peters seine zahlreichen Planetoiden-Entdeckungen gemacht hat. Die Sternwarte zu Ann Arbor besitzt einen 12½zölligen Refraktor von H. Fitz, der bequem alle acht Monde des Saturn und die drei helleren Monde des Uranus zeigt, das Meisterwerk dieses zu früh gestorbenen Künstlers. Gehen wir von diesen Fernröhren zu den Instrumenten erster Größe über, so finden wir auf der Sternwarte zu Chicago den imposanten 18½zölligen Refraktor von 23 Fuß Brennweite aus A. Clark's Meisterhand. Der berühmte Astronom G. P. Bond hatte das Instrument kurz nach dessen Vollendung geprüft und so ausgezeichnet befunden, daß er durch Subskription die Mittel zu seinem Ankaufe zusammenzubringen suchte. Darin kam ihm jedoch J. Y. Scammon, ein reicher Bürger Chicago's, zuvor, um seiner Vaterstadt den Ruhm zu verschaffen, den größten und besten Refraktor der Welt zu besitzen. Dieser Ruhm ist ihr freilich nicht lange geblieben, denn A. Clark versuchte sich mit Eifer und Glück an immer größeren Instrumenten und konstruirte einen Refraktor von 65 Centimeter Objektivdurchmesser und 10 Meter Brennweite. Derselbe befindet sich gegenwärtig in Washington und wird an optischer Vollendung von keinem anderen aus Menschenhand hervorgegangenen Instrumente übertroffen. Der unermüdliche Künstler ist sogar schon mit einem zweiten, ebenso mächtigen Instrumente beschäftigt. Als Professor Weiß Nordamerika besuchte, verfehlte er nicht, auch bei A. Clark vorzusprechen, und ich kann es mir nicht versagen, die Worte des Wiener Astronomen über diesen Künstler und seine Werke hier mitzutheilen:

„Nicht gar fern von der Sternwarte, in Cambridgeport, einer Vorstadt von Cambridge, wohnt Alvan Clark, ein biederer, noch vollkommen rüstiger 70jähriger Greis mit schneeweißem Haare und gewinnendem Aeußeren, der in seiner Jugend ein Maler war, und erst in reiferm Alter sich auf die Konstruktion von Refraktoren warf, allein trotzdem es darin zu einer solchen Vollendung brachte, daß er in ganz Amerika für den tüchtigsten jetzt lebenden Teleskopverfertiger gilt: nicht nur wegen der Zahl und Größe, sondern auch wegen der vorzüglichen Qualität der Fernröhre, die er verfertigt hat. Was die letztere betrifft, spricht wol am deutlichsten der Umstand für dieselbe, daß A. Clark mit Fernröhren aus seiner Hand eine Reihe von Doppelsternen entdeckte, die oft noch nach ihrer Entdeckung selbst in größeren, ausgezeichneten Instrumenten anderer Werkstätten nur schwer als solche erkannt werden konnten.

„Die Scheiben, in welche sich das Bild eines Fixsternes beim Verstellen des Okulators ausdehnt, sind bei seinen Objektiven frei von Lichtknoten jeder Art, und vom Centrum bis zum Rande homogen erleuchtet. Dies erreicht Clark, wenn ich recht unterrichtet bin, dadurch, daß er seinen Objektiven den letzten

Grad von Vollkommenheit sozusagen versuchsweise gibt, indem er, vom Centrum ausgehend, die Krümmung der äußeren Zonen so lange modifizirt, bis jeder Theil des Objektives, die äußersten Randpartien nicht ausgenommen, nach der Verdeckung der übrigen Theile noch ein vollkommen scharfes Bild des Objektes in der Bildebene der Centralstrahlen liefert.

„Die größten Objektive, die Clark bisher geschliffen, sind das 18½zöllige der Sternwarte zu Chicago, und ein für das U. S. Naval Observatory zu Washington bestimmtes 65centimetriges, das bei meiner Ankunft in Boston eben fertig geworden war. Zur Prüfung desselben hatte er in seinem Garten ein sehr primitives Holzgerüst aufgerichtet, aus welchem das ebenfalls provisorische Rohr des Fernrohres weit über alle Bäume des Gartens emporragte. Die Definition des Glases ist eine vortreffliche, allein wahrhaft überwältigend seine Lichtstärke, wenn man bald darauf dasselbe Objekt in einem Fernrohre, wie dem Cambridger betrachtet, das bisher allgemein für eines der besten der Welt galt. Für das Objektiv forderte Clark die allerdings bedeutende Summe von 80,000 Mark, weil er besorgte, er werde mit dem Schliffe eines solchen Riesenglases erst nach vielfachen zeitraubenden und kostspieligen Versuchen zum Ziele gelangen: er würde daher jetzt, nachdem er bereits einmal alle Schwierigkeiten so glücklich bemeistert, bei einer zweiten ähnlichen Bestellung den Preis wol etwas niedriger halten. Das Montiren ꝛc. des Fernrohres kostet weitere 80,000 Mark, hingegen verpflichtete sich Clark kontraktlich, das ganze Instrument in nicht länger als drittehalb Jahren nach Empfang der rohen Glasscheiben fix und fertig herzustellen."

Wie mächtig aber auch die großen Clark'schen Refraktoren sein mögen, die Grenzen der menschlichen Kunstfertigkeit bezeichnen sie nicht. Nun, nachdem das Eis einmal gebrochen, versucht man sich rastlos an immer größeren Instrumenten; schon geht man in Amerika mit dem Plane um, ein Fernrohr von 1¼ Meter Objektivöffnung herzustellen, dessen Kosten auf eine Million Dollars veranschlagt und bereits so gut wie gedeckt sind. Wenn es gelingt, dieses Instrument in vorzüglicher Qualität herzustellen und dasselbe seinen Stand auf einem hoch gelegenen Observatorium der Felsengebirge erhält, woselbst die Luft eine außerordentliche Reinheit und Ruhe besitzt, so dürfen wir uns höchst wichtige Resultate versprechen.

Europa besitzt nur einen einzigen Refraktor erster Klasse; derselbe ist Eigenthum des Engländers R. S. Newall, der ihn auf seiner Privatsternwarte in Gateshead bei Newcastle aufgestellt hat. Dieses Instrument ging aus der Werkstätte von T. Cooke hervor und besitzt ein Objektiv von 62 Centimetern Durchmesser. Die Bilder dieses Fernrohres lassen an Reinheit nichts zu wünschen übrig und die Lichtstärke desselben setzte auch O. von Struve, den gewiegtesten jetzt lebenden Kenner der großen Fernröhre Europa's, in lebhaftes Erstaunen. Neben Cooke ist noch Th. Grubb als ausgezeichneter Optiker hervorzuheben, der bereits vier Refraktoren von 38 Centimetern Oeffnung konstruirt hat; auch darf ich nicht verfehlen unseres Landsmannes Hugo Schröder in Hamburg rühmend zu erwähnen, eines ausgezeichneten Künstlers, der den prachtvollen Refraktor der Bothkamper Sternwarte und den bewundernswürdigen

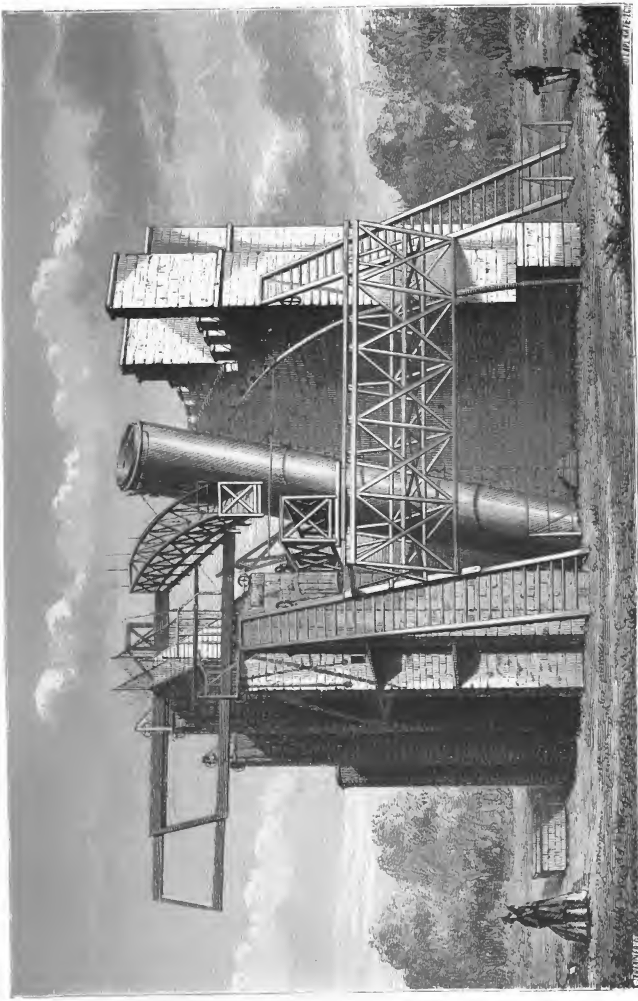
Spektralapparat der Potsdamer Sternwarte verfertigte. Das Institut von Schröder ist in der Lage, die größten Refraktoren ausführen zu können und braucht in Bezug auf seine Leistungen den Vergleich mit keiner optischen Werkstätte der Welt zu scheuen.

Wenden wir uns nun von den Refraktoren zu den Spiegelteleskopen oder Reflektoren. Sie waren es zuerst, welche bei dem Fortschreiten der Wissenschaft das Verlangen nach dem Riesigen befriedigt haben.

William Herschel, damals noch Dilettant in der Astronomie und Musikdirektor in Bath, durch die Noth gedrängt, die Hülfsmittel der Forschung sich selbst zu schaffen, baute jene riesigen Teleskope, die, wenn es seine wissenschaftlichen Arbeiten und Entdeckungen nicht gethan, allein seinen Namen unsterblich gemacht hätten. Mehr als 400 Spiegel von 7 – 20 Fuß Brennweite gingen aus seinen Händen hervor, — und doch mußte er selbst erst die Apparate und die Methode des Schleifens und die Mittel erfinden, die durch die sphärische Form veranlaßten Fehler verschwinden zu machen. Zwei seiner Teleskope sind es besonders, an welche die Nachwelt seinen Namen zu knüpfen gewohnt ist: ein 6 Meter langes, auf das eine 6000malige Vergrößerung noch mit Erfolg angewandt werden konnte, ausgezeichnet durch die zahlreichen Entdeckungen, die aus ihm hervorgingen, und das berühmte 40füßige (von mehr als 12 Meter Länge), dessen Spiegel anderthalb Meter im Durchmesser maß, und das, obwol nur kurze Zeit im Gebrauch, doch den Beweis lieferte, welche Vollkommenheit diesen Instrumenten gegeben werden kann.

Zwei Instrumente der Gegenwart haben dennoch diese mit Recht so vielfach angestaunten Wunder Herschel's erreicht und sogar übertroffen, und auch diese beiden sind nicht auf Kosten von Regierungen oder reich dotirten Instituten, sondern von zwei Männern geschaffen worden, die nur ihre Begeisterung für die Wissenschaft zu so riesengroßen Opfern veranlaßte. Das eine ist das Teleskop Lassell's zu Starfield bei Liverpool, das $1^1/_3$ Meter Oeffnung und 12 Meter Brennweite hat, und an raumdurchdringender Schärfe dem großen Herschel'schen nahe kommen mag. Das andere ist das Riesenteleskop Lord Rosse's in Parsonstown bei Dublin.

Schon im Jahre 1839 hatte Rosse einen Reflektor angefertigt und in der Nähe seines Schlosses aufgestellt, dessen Spiegel 1 Meter Durchmesser und 8 Meter Brennweite besaß, und der die allgemeine Bewunderung der Astronomen erregte. Drei Jahre darauf folgte ein Instrument von so riesigen Dimensionen, daß man auf die erste Nachricht davon sich eines ungläubigen Lächelns nicht erwehren konnte. Der Spiegel dieses Instruments mißt bei einer Brennweite von 15 Metern etwa $1^4/_5$ Meter im Durchmesser. Seine Fläche umfaßt etwa $2^1/_2$ □Meter, während der Spiegel des 12metrigen Herschel'schen Teleskops nur $1^1/_8$ □Meter Fläche bot. Die Lichtmasse, die von diesem Spiegel ausgeht, ist also mehr als doppelt so groß, als die im größten Herschel'schen Reflektor, und Sie wissen ja, daß von dieser Lichtmasse hauptsächlich die raumdurchdringende Kraft eines Fernrohres abhängt. Bei einer Dicke von 14 Centimetern an den Rändern und $12^3/_4$ Centimeter in der Mitte wiegt dieser Spiegel 4071 Kilogramm. Dazu kommt das $15^1/_3$ Meter lange, 2 Meter im Durchmesser starke Rohr.



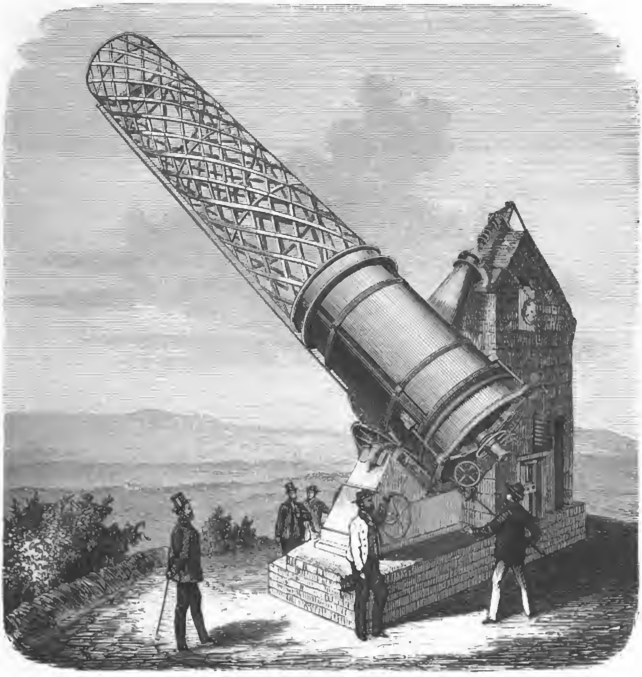
Lord Rosse's Riesenteleskop.

Dasselbe ist allerdings nur von Tannenholz und mit eisernen Reifen beschlagen, doch über $6^1/_2$ Tonnen (135 Ctr.) schwer. Nehmen Sie endlich die Unterlage, auf welcher der Spiegel ruht, so haben Sie ein Gesammtgewicht des ganzen Instruments von 16284 Kilogramm. Dieses Riesenteleskop bewegt sich zwischen zwei starken Mauern, die, genau von Nord nach Süd errichtet, nach innen eine Höhe von 18 Metern erreichen. Trotz seines Gewichts bewegt es sich zwischen diesen Mauern mit Hülfe einer sinnreichen Maschinerie mit Leichtigkeit auf und nieder, und ein an der östlichen Mauer angebrachter eiserner Gradbogen mißt diese Bewegungen mit großer Genauigkeit. Galerien, die zum Theil fest, zum Theil beweglich eingerichtet sind, führen zu dem oberen Theile des Rohres, und es mag bisweilen einen gefahrvollen Anblick gewähren, wenn man den Beobachter in schwindelnder Höhe an dem Gipfel dieses beweglichen astronomischen Thurmes schweben sieht. Die Leistungen dieses Instrumentes sind außerordentlich, besonders in Bezug auf Nebelflecke und Sternhaufen, welche ich später genauer behandeln werde. Aber auch die Planeten bieten im Rosse'schen Teleskope einen außerordentlich interessanten Anblick. Die Leistungen eines 12zölligen Refraktors erscheinen sehr gering im Vergleich zu dem Anblick, den z. B. der Mond im Parsonstowner Riesenreflektor darbietet. Leider ist das Instrument nicht nach allen Richtungen drehbar und auch sonst, trotz der hohen Vollkommenheit des seine Bewegung vermittelnden Mechanismus, zu unbehülflich, um zum speziellen Studium der Mondoberfläche verwandt zu werden. Hierfür eignen sich, wie wir später genauer sehen werden, am besten die Refraktore.

Lord Rosse, der Erbauer dieses herrlichen Instruments, ist vor einigen Jahren gestorben. Sein Sohn und Erbe, ließ indeß ganz im Sinne des Vaters die Beobachtungen am großen Reflektor fortsetzen.

Ein prachtvolles Spiegelteleskop ist für Melbourne in Australien vollendet worden und bereits an seinem Bestimmungsorte in Thätigkeit. Der Spiegel desselben hat $1^1/_5$ Meter Durchmesser und besteht aus einem Metallgemisch, welches 4 Theile Kupfer und 1 Theil Zinn enthält. Es ist dies dieselbe Komposition, welche auch bei dem Spiegel des großen Rosse'schen Teleskops angewandt wurde. Das Gewicht des Spiegels mit der Fassung beträgt nahezu 40 Centner und es war keine geringe Schwierigkeit, eine so schwere Masse derart zu befestigen, daß sie in keiner Lage einer Spannung durch den eigenen Druck ausgesetzt ist. Ein lokaler Druck von wenigen Kilogrammen würde nämlich schon ausreichen, um die Bilder des Spiegels gänzlich zu verzerren. Der Mechaniker Grubb in Dublin, der die Herstellung des Teleskops übernommen, hat auf sehr sinnreiche Weise alle Spannung der einzelnen Theile des Spiegels dadurch vermieden, daß er diesen gleichsam in 48 gleich schwere Stücke zerlegte und jedes derselben in seinem Schwerpunkte durch einen vertikal wirkenden Hebel balancirte. Der Spiegel selbst ist in der Mitte durchbohrt und die von ihm kommenden Strahlen werden vor ihrer Vereinigung zu einem Bilde von einem kleinem konvexen Spiegel aufgefangen und dem Okulare zugesandt, das in einer Röhre eingeschlossen ist, die in dem durchbohrten Theile des Hauptspiegels angebracht wird. Wie man sieht, ist diese Konstruktion sehr nah mit derjenigen des Gregory'schen Teleskops verwandt, besitzt aber vor derselben mehrere nennenswerthe Vorzüge.

Das Rohr besteht aus zwei Theilen; der untere ist über 2 Meter lang und aus Eisenblech, der obere, 6—7 Meter lang, besteht aus einem rautenförmigen Gitterwerk von Stahlbändern.' Um der scheinbaren Bewegung des Himmels zu folgen, ist das Teleskop mit einem Uhrwerk in Verbindung gebracht, das im Innern des Pfeilers sich befindet. Dasselbe bewegt die gewaltige 160 Centner wiegende Masse mit einer solchen Genauigkeit, daß ein Stern, der im Gesichtsfelde sichtbar ist, Stunden lang unverrückbar in demselben zu stehen scheint.



Spiegelteleskop in Melbourne.

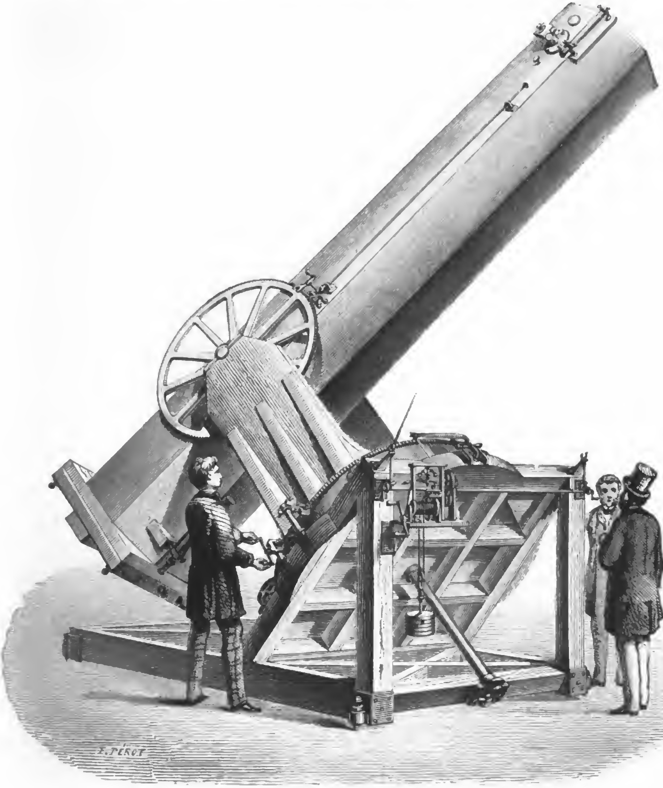
Um den Spiegel vor der Witterung zu schützen, kann ein Deckel seitwärts über denselben geschoben werden. Das Gebäude, in welchem das Teleskop steht, ist in der Richtung von Nord nach Süd 26 Meter lang und 8 Meter breit. Der eigentliche Teleskopraum nimmt von dieser Länge 13 Meter ein, die folgenden 4 Meter sind bestimmt für eine Polirmaschine, einen Krahn und eine Dampfmaschine. Der übrig bleibende Raum ist in zwei Zimmer getheilt, deren eines als Arbeitsraum, das andere als Laboratorium dient. Ein 16 Meter langes,

bewegliches Dach läuft auf einer Eisenbahn, die längs des ganzen Gebäudes gelegt ist. Man kann das Dach über den niedrigeren Theil des Hauses rollen und dann wird der Teleskopraum so frei, wie ihn unsere Abbildung zeigt. Das Melbourner Spiegelteleskop ist gegenwärtig das mächtigste Sehwerkzeug auf der südlichen Erdhälfte und hat bereits wichtige Beiträge zur besseren Kenntniß des südlichen Himmels geliefert, worauf wir später noch zurückkommen werden.

Weshalb diese Spiegelteleskope trotz ihrer unvergleichlich größeren Vervollkommnungsfähigkeit dennoch die achromatischen Linsenfernröhre nicht aus den Sternwarten verdrängt haben, kann Ihnen kaum noch ein Räthsel bleiben. Der Astronom braucht sein Fernrohr nicht blos zum Schauen, sondern auch zum Messen. Dazu bedarf es aber einer außerordentlich leichten und sicheren Beweglichkeit. Daß diese mit dem ungeheuern Gewichte der Spiegelteleskope nicht zu vereinigen ist, versteht sich von selbst. Das Gewicht der Spiegel, die ja doch nur aus Metall gefertigt werden können, ist so ungeheuer, daß bei ihrer Aufstellung Lassell und Rosse die sinnreichsten Vorrichtungen erdenken mußten, damit nicht durch eine geringe Druckänderung in einem einzelnen Punkte ihrer Obarfläche eine merkliche Veränderung ihrer Krümmung bewirkt wurde. Trotz der großen Dicke, die man diesen Spiegeln gegeben hatte, zeigten sie doch längere Zeit, je nach der Art des Aufliegens auf ihren Lagern und je nach der Höhe, auf welche man die Teleskope richtete, manichfach entstellte und verzerrte Bilder.

Eine neue Zukunft scheint sich den Spiegelteleskopen in unseren Tagen zu eröffnen. Was sie so seltenen Eingang auf Sternwarten finden ließ, war, außer dem bedeutenden Lichtverlust zumal bei doppelter Spiegelung und den dadurch bedingten großen Dimensionen und lästigem Gewichte des Spiegels, auch ihre geringe Dauerhaftigkeit. Durch Einwirkung von Feuchtigkeit und Gasen laufen die Spiegel sehr bald an, und ein Aufpoliren hat in der Regel den Untergang der genauen Gestalt des Spiegels und damit auch seiner Leistungen zur Folge. Herschel's 40füßiges Teleskop ward schon nach einigen Jahren unbrauchbar und ist gegenwärtig nur eine wissenschaftliche Reliquie. Von allen diesen Mängeln scheint nun eine an sich höchst unscheinbare chemische Erfindung die Teleskope befreien zu wollen. Es ist gelungen, polirte Glasflächen mit einer so außerordentlich dünnen und gleichmäßigen Silberschicht zu überziehen, daß sie vollkommen die Rolle von Metallspiegeln übernehmen können. Die genau sphärisch geschliffene Glasfläche behauptet ihre Gestalt unverändert, und die kaum $^1/_{14{,}000}$ Millimeter dicke Silberschicht kann, wenn sie einmal anläuft, unbeschadet der Form, gereinigt oder selbst erneut werden. Der Lichtverlust beträgt bei solchen Silberspiegeln übrigens nur 9 Proz. und selbst bei zweimaliger Spiegelung nur 17 Proz., während er bei dem besten Fraunhofer'schen Objektiv 23 Proz. erreicht. Teleskope mit Silberspiegeln würden daher Fernröhre mit gleicher Oeffnung sogar an Helligkeit noch übertreffen. Dadurch würde aber der Vortheil erzielt, daß man den Teleskopen bei gleicher Brennweite größere Oeffnung geben könnte als den Fernröhren. Ein solches dreizölliges Teleskop würde bei 48 Centimetern Brennweite den Leistungen eines dreizölligen Fernrohrs von 110 Centimeter Brennweite nahe kommen. Erwägen Sie noch die einfache Herstellung dieser kein streifenfreies Glas mehr verlangenden Spiegel und die dadurch bedingten

niedrigen Preise, so dürften Sie es keine zu überspannte Erwartung nennen, daß solche Silberspiegelteleskope bald selbst in Privathäuser eindringen und die Wunder des Himmels an den häuslichen Herd herniederzaubern werden.



Spiegelteleskop mit versilbertem Objektiv, von Léon Foucault.

Der berühmte französische Physiker Foucault hat sich mit der Herstellung großer Silberspiegel-Teleskope besonders viel beschäftigt. Nachdem ihm eine Anzahl von kleineren Instrumenten dieser Art trefflich gelungen war, schritt er zur Anfertigung eines größern Teleskops von 70 Centimeter Spiegeldurchmesser und 4 Meter Brennweite. Die große Glasscheibe des Spiegels wurde in der berühmten Fabrik zu Saint-Gobain gegossen und das Schleifen derselben erfolgte

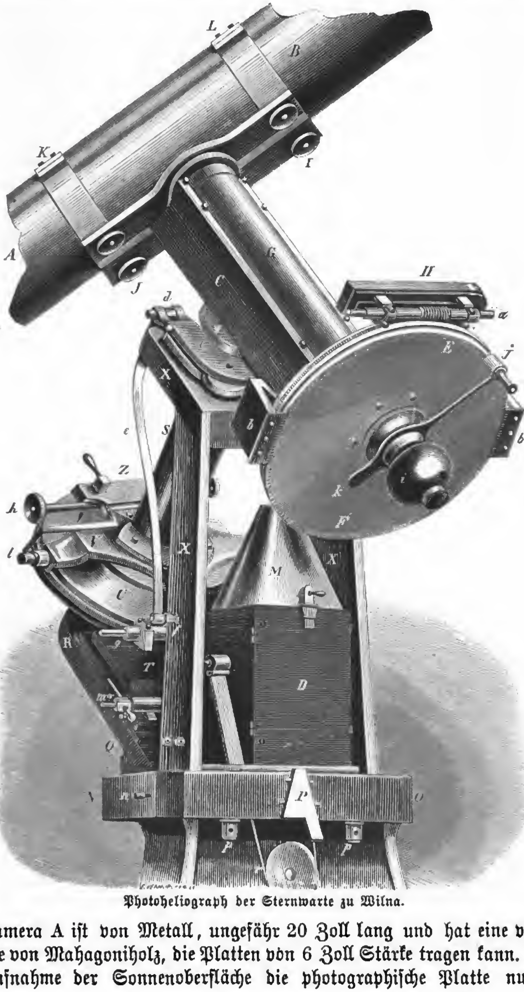
unter Foucault's Leitung. Das Instrument, von dem umstehend eine Abbildung gegeben ist, entspricht den gehegten Erwartungen in vollstem Maße. Zuerst war es in Paris aufgestellt, aber der dunstige Himmel und die nächtliche Erleuchtung dieser großen Stadt gestatteten nicht die Entfaltung seiner vollen Kraft. Man hat es daher nach Marseille gebracht und der Obhut des Astronomen Stephan übergeben, der mit demselben bereits eine Anzahl neuer Nebelflecke entdeckte.

Wie Sie sehen, hat die neueste Zeit auf dem Gebiete der Spiegelteleskope große Fortschritte gemacht und das Herschel'sche Riesenteleskop bereits bedeutend überflügelt. Aber auch die Refraktoren sind nicht zurückgeblieben. Bereits früher theilte ich Ihnen mit, daß das optische Institut von Merz große Fernrohre mit Glaslinsen von 14 Zoll Durchmesser geliefert habe und diese Instrumente sind von solcher Vollendung, daß sie in mancher Beziehung selbst mit den größten Spiegelteleskopen wetteifern können. Seitdem hat, wie Sie wissen, Nordamerika sogar Refraktoren von 26 Zoll Objektivdurchmesser geliefert, also die europäischen Leistungen weit überflügelt.


Teleskopische kamera obscura des Photoheliographen.

Ich muß Sie nun noch mit einigen Fernrohren bekannt machen, welche dazu dienen, eine Anwendung der Photographie in der Himmelskunde zu ermöglichen. Dieselbe ist besonders für das Studium der Sonnenoberfläche von großer Wichtigkeit geworden und man hat eigene Apparate, sogenannte Photoheliographen konstruirt, welche zu regelmäßigen photographischen Aufnahmen der Sonnenscheibe dienen. Sie sehen einen solchen Apparat, der auf der Sternwarte zu Wilna funktionirt, in seinen zur Aufstellung dienenden Theilen hier vor sich (S. 67). BA ist ein Theil des Fernrohres, welches durch zwei Metallringe K und L an der Achse G befestigt ist. Diese ihrerseits ist mit dem Deklinationskreise EF unverrückbar verbunden, sodaß das Fernrohr auf jede beliebige Deklination eingestellt werden kann. ZU ist der Stundenkreis, der an der polaren Achse S durch eine Scheibe befestigt werden kann. MD umhüllt ein Uhrwerk, welches durch gezähnte Räder die Schraube ohne Ende g bewegt, die in die Zahnung an der Peripherie des Stundenkreises eingreift. Wenn das Uhrwerk im Gange ist, kann man, ohne dasselbe zu unterbrechen, das Fernrohr auf ein beliebiges Objekt richten. Die teleskopische Kamera sehen Sie in Figur (S. 66), sie wird an das äquatoriale Gestell durch die Ringe K L befestigt. Das Objektiv befindet sich in der kupfernen Röhre D, hat 3 Zoll Durchmesser, 4 Fuß Brennweite und ist für die chemischen Strahlen berechnet. Diese Röhre ist an dem Teleskope durch ein Stück E befestigt,

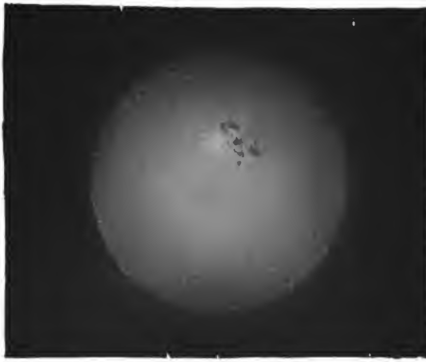
an welchem sie verschiebbar ist. Das Bild der Sonne entsteht ungefähr in b a im Brennpunkte des Objektivs und wird dort durch ein Okular vergrößert.



Photoheliograph der Sternwarte zu Wilna.

Die Kamera A ist von Metall, ungefähr 20 Zoll lang und hat eine viereckige Kassette von Mahagoniholz, die Platten von 6 Zoll Stärke tragen kann. Da für die Aufnahme der Sonnenoberfläche die photographische Platte nur etwa

$\frac{1}{100}$ Sekunde belichtet werden darf, so befindet sich vor dem Okular eine undurchsichtige Platte, welche einen schmalen Spalt trägt und durch den Faden b c heraufgezogen ist. Ist die präparirte Platte eingeschoben, so wird der Faden b c durchgebrannt und die Feder a zieht die undurchsichtige Platte sammt dem schmalen Spalte sehr rasch durch den Lichtkegel, was zur Aufnahme genügt. Auf die geeignete Dauer der Expositionszeit kommt besonders bei Sonnenbildern außerordentlich viel an; ist dieselbe zu groß genommen, so kommen die dunkeln Flecke nicht zum Vorschein und der Rand wird nicht scharf. Bei zu kurzer Belichtungszeit zeigt sich der Rand schlecht und man erkennt aus der Helligkeitsvertheilung auf dem Bilde deutlich die kugelförmige Gestalt der Sonne. Sie sehen hier die getreue Kopie eines solchen photographischen Bildes, welches im Oktober 1860 von Salvyn aufgenommen wurde.



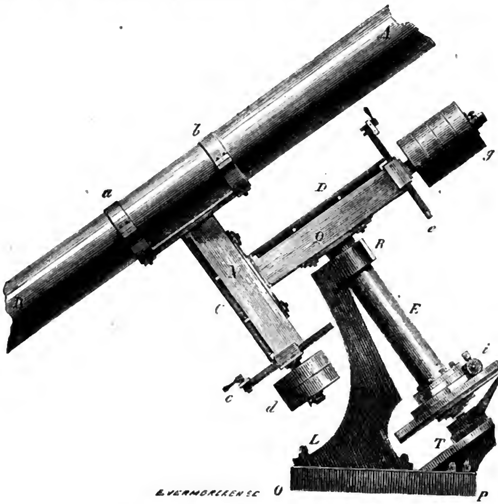
Photographisches Sonnenbild.



Photographie des Mondes nach einer stereoskopischen Aufnahme.

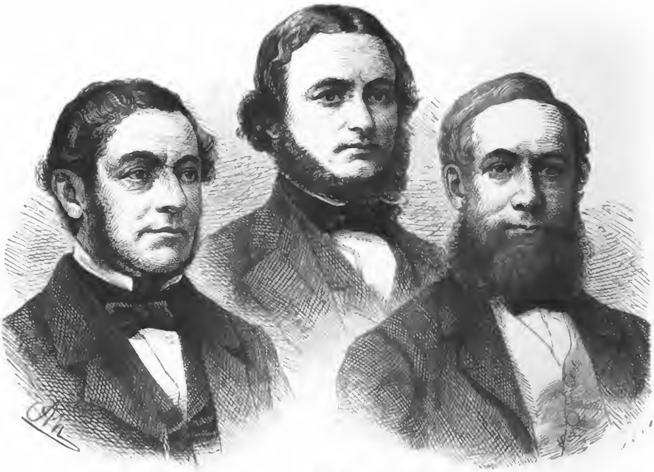
Schwierigkeiten entgegengesetzter Natur bietet der Mond bei der photographischen Aufnahme. Insbesondere vor zehn oder funfzehn Jahren, als die photographischen Methoden noch nicht zur heutigen Vollkommenheit ausgebildet waren, erwies es sich außerordentlich schwer, ein gutes und nicht gar zu kleines photographisches Bild des Mondes herzustellen. Bei der langen Expositionszeit, die nöthig war, um das chemisch sehr wenig wirksame Licht des Mondes auf die empfindsame Platte genügend wirken zu lassen, machte sich nämlich die

starke Bewegung des Mondes in Deklination sehr störend merklich, indem das Bild nicht stets genau auf derselben Stelle der Platte blieb. Um diesem Uebelstande zu begegnen, konstruirte Airy ein Aequatorial mit drei Achsen.



Airy'sches Aequatorial mit drei Achsen.

Sie sehen dasselbe in der Zeichnung vor sich. Das Fernrohr dreht sich zunächst um die Achse C, diese um die Deklinationsachse D und diese endlich um die Achse E des Stundenkreises. Die Vorrichtung ist für die Praxis jedoch immerhin etwas komplizirt und gegenwärtig erhält man schöne und große Photographien mittels der auf gewöhnliche Weise aufgestellten Aequatoriale, deren Objektive so konstruirt sind, daß der chemische mit dem optischen Brennpunkte zusammenfällt. Warren de la Rue hat Mondphotographien nach bestimmten Zeiträumen aufgenommen, was dieselbe Wirkung hat, als wenn sie von zwei entfernten Stationen aufgenommen worden wären. Bringt man diese Bilder in ein Stereoskop, so erscheint der Mond in völlig plastischer Gestalt als eine freischwebende Kugel und gewährt einen prachtvollen Anblick. Auch Fixsterne hat man photographirt, ja ganze Sterngruppen auf diese Weise aufgenommen. Es ist klar, daß sich die Astronomie noch sehr viel von der vervollkommneten Photographie versprechen darf und die Ausbildung der Beobachtungsmethoden und Instrumente sofort die herrlichsten Früchte trägt.

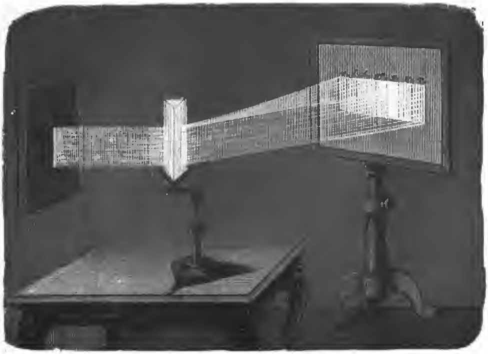


R. W. Bunsen. G. Kirchhoff. W. Huggins.

Wenn nun aber auch das Fernrohr und die ihm zu Hülfe kommende Photographie den Blick des Menschen in die Tiefen des Weltraumes auf ungeahnte Weise erweiterten, so vermögen sie uns doch nur die äußeren Gestalten der Himmelskörper zu zeigen und bleiben stumm bei allen Fragen nach der stofflichen Qualität, nach der chemischen Zusammensetzung dieser letzteren. Aber, ist es nicht auch vermessen, die stoffliche Zusammensetzung von Körpern ergründen zu wollen, die unserer Berührung ewig unerreichbar, viele Millionen Meilen von unserer Erde entfernt, im weiten Weltraume sich befinden? Bis zum Jahre 1859 war dies allerdings der Fall, und alle Forschungen über die Stoffverschiedenheit der Himmelskörper mußten aussichtslos erscheinen. Von jener Zeit ab änderte sich jedoch die Sache und zwar durch die genialen Arbeiten der beiden Heidelberger Professoren Kirchhoff und Bunsen. Beide sind die Schöpfer eines ganz neuen Zweiges der Wissenschaft, nämlich der prismatischen Lichtanalyse, und sie haben mit dem Spektroskop der beobachtenden Naturwissenschaft ein neues Instrument zugeführt, das schon heute, wo es noch lange nicht seine höchste Vollendung erhalten, die großartigsten Ergebnisse geliefert hat. Mittels dieses Instruments ist der Beobachter im Stande, die stoffliche Zusammensetzung eines Körpers zu erkennen, den seine Hände nie berührten und der hunderttausend oder eine Million oder hunderttausend Millionen Meilen von ihm entfernt ist.

Suchen wir uns jetzt mit diesem merkwürdigen Instrumente näher bekannt zu machen. Zu solchem Zwecke müssen wir zunächst etwas genauer auf die Lehre vom Lichte eingehen. — Das weiße Licht, welches uns die Sonne zusendet, ist keineswegs, wie man Jahrhunderte lang geglaubt hat, einfach, sondern aus einer Menge von Strahlen der verschiedensten Farben zusammengesetzt. Der große englische Naturforscher Newton bewies dies zuerst um das Jahr 1675, als er einen Strahl

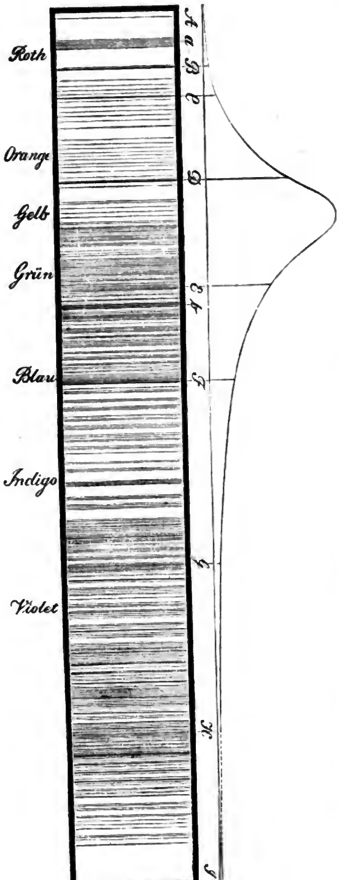
weißen Sonnenlichtes durch ein dreikantig geschliffenes Glas, ein sogenanntes Prisma, hindurchgehen ließ. Man kann den Versuch leicht nachmachen, indem man, wie die nachstehende Figur zeigt, in einem dunkeln Zimmer durch einen schmalen Spalt des Fensterladens Licht auf ein Prisma fallen läßt und hinter diesem einen mit weißem Papier überspannten Schirm aufstellt. Man erblickt jetzt auf diesem Schirme, und zwar nicht dem Spalte gegenüber, sondern mehr oder weniger seitlich davon, ein langes, mit allen Regenbogenfarben geschmücktes Band, welches Spektrum genannt wird. Die Reihenfolge der Farben des Spektrums ist stets dieselbe und zwar von dem, gegenüber dem Spalte liegenden Punkt an gerechnet: Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau, Indigo, Violett.



Zerlegung des Sonnenlichtes durch das Prisma.

Zahllose Menschen haben den Newton'schen Versuch nachgemacht und sich an dem herrlichen, strahlenden Farbenbande erfreut, ohne zu ahnen, welch wichtiges Geheimniß in ihm verborgen lag und der Enthüllung harrte. Erst der Engländer Wollaston kam auf die Spur desselben, als er im Jahre 1802 einen sehr feinen Spalt zur Hervorbringung des Spektrums benutzte und dabei erkannte, daß letzteres von mehreren dunkeln Querlinien durchzogen ist. Newton hatte diese Linien nicht sehen können, weil er ein rundes Loch benutzte, durch welches das Sonnenlicht fiel und auf diese Weise ein sogenanntes unreines Spektrum erhielt. Bis auf Wollaston hatten alle seine Nachfolger ebenso operirt und deshalb mit dem gleichen Erfolge. Sie sehen aus diesem Beispiele, wie wichtig bei Experimental-Untersuchungen das ist, was man Variiren des Experiments nennt. Wollaston hatte also dunkle Querlinien im Spektrum erkannt und da sie zufällig nahe an den Uebergangsgrenzen je zweier Hauptfarben auftraten, so glaubte er, daß sie wirklich diese Farben trennten und untersuchte sie nicht weiter. Zwölf Jahre später (1818) beschäftigte sich der uns bereits bekannte große Optiker Fraunhofer in München genauer mit dem Studium des Sonnenspektrums. Auch er fand die dunklen Streifen, und da er ein besseres Instrument sowie eine geeignetere Methode

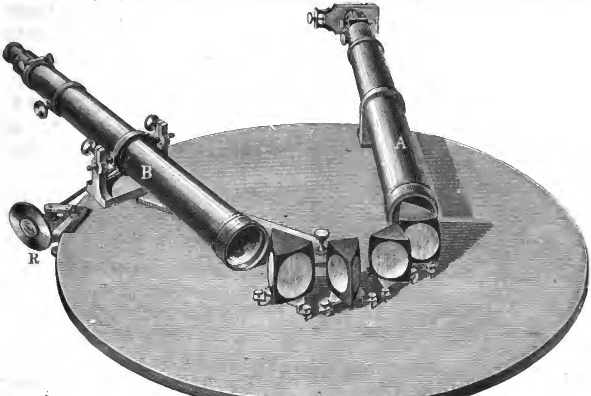
als Wollaston anwandte, so sah er eine weit größere Anzahl derselben als dieser und maß im Ganzen die genaue Lage von 576 dunkeln Spektrallinien. Die dunkelsten bezeichnete er, vom Roth anfangend, mit den Buchstaben A bis H.



Sonnenspektrum nach Fraunhofer.

Die nebenstehende Figur ist eine getreue Kopie der Zeichnung, welche Fraunhofer anfertigte. Sie sehen die einzelnen Spektrallinien in ihren wahren, gegenseitigen Lagen. Die krumme Linie oberhalb des Spektrums soll die verhältnißmäßige Helligkeit der einzelnen Theile desselben andeuten; je höher sie sich erhebt, um so glänzender ist die darunter befindliche Partie des Spektrums. Dies findet für den gelben Theil statt, wie bekanntlich der einfachste Versuch zeigt. Fraunhofer blieb übrigens nicht dabei stehen, bloß die Lage der dunkeln Linien des Sonnenspektrums aufzuzeichnen; er untersuchte auch die Spektra verschiedener Sterne, des elektrischen Lichtes u. s. w.; ja, er fand sogar, daß das Licht des äußeren Flammenmantels einer Kerze ein Spektrum giebt, welches nur aus einer hellen gelben Doppellinie besteht, die bezüglich ihrer Lage genau mit einer dunkeln Doppellinie im Sonnenspektrum zusammenfällt. Nach Fraunhofer haben Sir John Herschel, Talbot, W. A. Miller, Plücker und viele Andere sich genauer mit den Spektren verschiedener leuchtender Körper beschäftigt, jedoch über die Natur, die Entstehungsweise und Bedeutung der Fraunhofer'schen Linien kam man nicht zu klarer Einsicht. Letztere zu erzielen blieb vielmehr den beiden Naturforschern

Kirchhoff und Bunsen vorbehalten. Kirchhoff untersuchte das Zusammenfallen der hellen gelben Doppellinie, welche entsteht, wenn man Natriumsalze in die Flamme bringt, deren Spektrum man untersucht, mit der dunkeln Doppellinie des Sonnenspektrums. Er entwarf zu diesem Zwecke ein mäßig helles Sonnenspektrum und brachte dann vor den Spalt des Apparates eine Natriumflamme. Hierbei sah er die dunkeln D-Linien sich in helle verwandeln. Um zu finden, wie weit die Lichtstärke des Sonnenspektrums sich steigern ließe, ohne daß die Natriumlinien dem Auge entschwinden, ließ er den vollen Sonnenschein durch die Natriumflamme auf den Spalt seines Apparates fallen und sah mit Erstaunen die dunkeln Linien D in außerordentlicher Stärke hervortreten. Er ersetzte nun das Licht der Sonne durch Drummond'sches Licht, dessen Spektrum, wie das aller glühenden festen oder flüssiger Körper, keine dunkeln Linien hat.



Kirchhoff's Spektroskop.

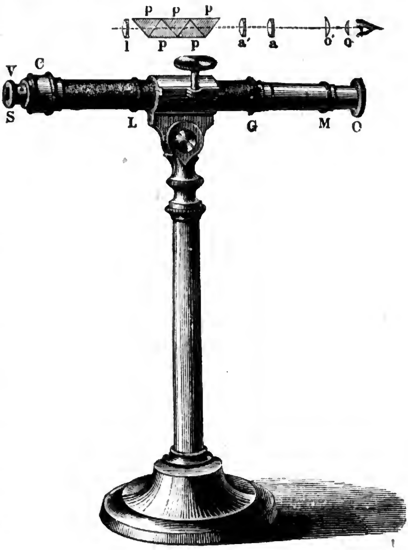
Wurde dieses Licht durch eine geeignete Kochsalzflamme geleitet, so zeigten sich in dem Spektrum dunkle Linien an den Orten der Natriumlinien. Kirchhoff erklärte diese Thatsache durch die Annahme, daß eine Natriumflamme eine Absorption ausübt auf die Strahlen von der Brechbarkeit derer, die sie selbst aussendet, für alle anderen aber ganz durchsichtig ist. Was für eine Natriumflamme gilt, gilt natürlich auch für eine Lithiumflamme oder für eine solche, in der Eisen in glühenden Dampf verwandelt wird, kurz, Kirchhoff kam im Verfolge seiner Untersuchungen zu dem wichtigen Satze, daß das Verhältniß zwischen dem Emissionsvermögen und dem Absorptionsvermögen einer und derselben Strahlengattung für alle Körper bei gleicher Temperatur das gleiche ist. Ein glühendes Gas absorbirt also nur die Strahlen, welche es selbst aussendet und übt auf Strahlen der Farben, die in seinem Spektrum vorkommen, eine um so stärkere Absorption, je größer die Helligkeit dieser Farben in seinem Spektrum ist. Von diesen Gesichtspunkten aus betrachtet war es nun zunächst

wichtig, für eine größere Anzahl von Metallen die Lage der hellen Linien ihrer Spektren genau zu bestimmen und ebenso neue, möglichst genaue und zahlreiche Bestimmungen der dunkeln Linien des Sonnenspektrums auszuführen, um beide mit einander vergleichen zu können. Ich kann mich hier nicht dabei aufhalten, Ihnen eingehender über die Versuche und Untersuchungen Kirchhoff's und seiner Nachfolger zu berichten, da ich hierzu mehr Zeit aufwenden müßte, als für jetzt möglich ist; auch wollen wir uns ja nicht speziell mit der Spektralanalyse beschäftigen, sondern nur so viel davon kennen lernen, als zum Verständniß ihrer Anwendung auf die Himmelskunde nothwendig ist. Ich will daher nur bemerken, daß sich herausgestellt hat, wie eine große Anzahl von dunkeln Linien des Sonnenspektrums bezüglich ihrer Lage genau übereinstimmt mit hellen Linien des Wasserstoffs, des Natriums, Eisens u. s. w. und wie diese Uebereinstimmung es nahe legt, daß jene Stoffe im Zustande glühender Dämpfe in der Sonnenatmosphäre vorhanden sind. Das Instrument, Spektroskop, dessen sich Kirchhoff zu seinen Untersuchungen über das Sonnenspektrums bediente, ist hier abgebildet. Das Rohr A trägt an seinem, der Sonne zugewandten Ende, eine Platte mit einem Spalte, dessen Breite durch eine Schraubenvorrichtung beliebig verändert werden kann. Die Strahlen, welche hier eintreten, durchlaufen das Rohr und treffen auf das erste Prisma. Dort werden sie gebrochen und gelangen in das zweite Prisma, das sie abermals bricht und sie dem dritten zusendet, von wo sie auf das vierte und von hier aus endlich sehr stark divergirend in das Fernrohr B treten, an dessen Okular sich das Auge des Beobachters befindet. Mittels der Mikrometerschraube R kann das Fernrohr gedreht und genau auf jede beliebige dunkle Linie eingestellt werden. Ein besonderes kleines Prisma, das sog. Reflexionsprisma, befindet sich vor dem Spalte und bedeckt dessen untere Hälfte. Es dient dazu, das Licht einer bekannten, seitwärts angebrachten Lichtquelle auf die Prismen zu werfen und in das Fernrohr zu senden, während das Licht der zu untersuchenden Lichtquelle durch die obere Hälfte des Spaltes eindringt und denselben Weg macht. Beide Spektren erscheinen demnach dem Beobachter übereinander liegend und können unmittelbar mit einander verglichen werden. Es ist klar, daß das Spektrum um so länger wird und also auch um so mehr Linien getrennt erscheinen, je größer die Anzahl der Prismen ist, durch welche die Divergenz des Lichtstrahls hervorgerufen wird. John Browning hat für die Sternwarte in Kew ein Spektroskop konstruirt, welches aus neun kreisförmig gestellten Prismen besteht, wie Sie in obenstehender Figur sehen.



Gang der Lichtstrahlen durch die Prismen im Spektroskop von Kew.

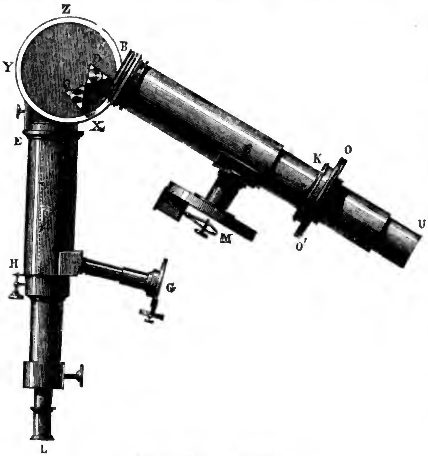
A ist das Rohr, durch welches die parallelen Strahlen auf das erste Prisma fallen, B ist das mit starker Vergrößerung versehene Beobachtungsfernrohr. Das Licht erleidet bei dem Durchgange durch so viele Prismen und bei seiner Ausbreitung auf einer großen Fläche natürlich eine sehr starke Schwächung. und die ursprüngliche Lichtquelle muß deshalb sehr intensiv sein, wenn man ein Spektroskop mit so vielen Prismen anwenden will.



Spektroskop von Hofmann.

Es ist einleuchtend, daß ein Spektroskop, bei welchem der austretende Lichtstrahl mit dem eintretenden einen mehr oder weniger großen Winkel macht, für den Gebrauch bei der Untersuchung sehr unbequem ist. Man hat daher schon bald versucht, geradsichtige Spektroskope zu konstruiren. Durch geeignete Kombination von zwei Flint- und drei Crownglasprismen hat Hofmann in Paris ein Spektroskop à vision directe konstruirt, welches bei großer Einfachheit vielen Anforderungen genügt. Nebenstehende Abbildung giebt eine Ansicht desselben und seiner Einrichtung. Zu astronomischen Untersuchungen der Sonne, der Planeten und Fixsterne muß das Spektroskop im Allgemeinen mit einem Fernrohr in Verbindung gebracht werden, und zwar in der Weise, daß das Bild des zu beobachtenden Gegenstandes, welches von dem Objektiv erzeugt wird, genau auf den Spalt fällt. Daß man zu diesem Zwecke und behufs genauerer und bequemerer Beobachtung, mit dem ursprünglichen terrestrischen Spektroskope vielfache Abänderungen vornehmen mußte, bedarf keines Wortes. Zu seinen zahlreichen spektroskopischen Beobachtungen der Sonne benutzt Pater Secchi in Rom meist ein Spektroskop, dessen Einrichtung die umstehende Abbildung zeigt. Das Collimator-Rohr BU wird mittels der Schraubenmutter OO' am großen Refraktor an Stelle des Okulars befestigt. Bei F befindet sich der Spalt mit dem Reflexprisma und bei K eine Linse, welche ein vergrößertes Bild erzeugt, das genau in die Ebene des Spalts fällt. Von hier fallen die Strahlen auf das Prisma D, welches sie nach C wirft, von wo sie in das Rohr EH treten, welches nochmals ein Prismensystem à vision directe enthält, wodurch die gesammte

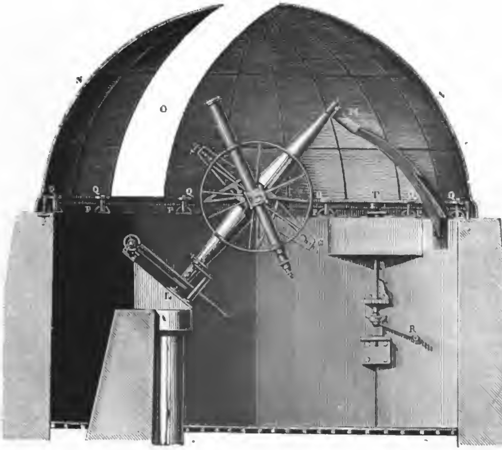
Dispersion des Instruments verdoppelt wird. Von hier endlich gelangen die Strahlen in das Beobachtungsfernrohr HL. Das Reflexprisma F enthält sein zur Vergleichung über die Lage der Linien dienendes Licht von einer bei M angebrachten Lichtquelle. Als solche dient in den meisten Fällen das bekannte Licht der Geißler'schen Röhren oder der elektrische Funken, den man zwischen zwei vor M befindlichen, mit dem bekannten Körper überzogenen Platindrähten überspringen läßt. Um die Lage der Linien in den sehr lichtschwachen Spektren der Fixsterne und Nebelflecke bestimmen zu können, dient der Collimator G, welcher einen sehr feinen Spalt besitzt, der, durch eine kleine Lampe erleuchtet, eine helle Lichtlinie erzeugt, deren Bild an der letzten Grenzfläche des dem Beobachter nächsten Prismas bei H reflektirt wird und ins Fernrohr gelangt. Hier dient diese Linie nun als feste Marke, auf welche bei der Messung die Lage der Spektrallinien bezogen wird.



Spektroskop am Fernrohr.

Das große Spektroskop, welches Huygins an seinem Refraktor angebracht und womit er zahlreiche seine Untersuchungen angestellt hat, zeigt eine ähnliche Einrichtung, weshalb ich hier nicht näher darauf eingehe.

Ich schließe hier meine Andeutungen über jene Kunst und ihre Hülfsmittel, durch welche der Mensch versucht, ferne Lichtstrahlen in seine Gewalt zu bringen und aus deren innerer Beschaffenheit weitere Schlüsse auf die Natur der Himmelskörper, von denen die Strahlen ausgehen, zu ziehen. Wie weit aber auch der Mensch in die Tiefen des Weltraums vorzudringen vermag, so wird es ihm doch nimmer vergönnt sein, alles Licht von dort her in ein Bündel zusammenzufassen und in sein Auge zu versenken. Darum habe ich Sie im Voraus bedeutet, daß der Lichtstrahl nicht der alleinige Träger und Bote durch den Himmelsraum sein kann, und daß, wenn das Licht uns seinen Dienst versagt, der Gedanke an seine Stelle treten muß. Wie er den Lichtstrahl zu überflügeln und nächtliche Tiefen zu erhellen vermag, davon will ich Ihnen in der Folge eine Anschauung geben.



Aequatorial-Instrument von Gambey auf der Pariser Sternwarte.

Fünftes Kapitel.

Die tägliche Bewegung des Himmels.

Daß Du nicht enden kannst, das ist Dein Loos,
Und daß Du nie beginnst, das macht Dich groß.
Dein Lied ist drehend wie das Sterngewölbe:
Anfang und Ende immerfort dasselbe,
Und was die Mitte bringt, ist offenbar
Das, was zu Ende bleibt und Anfangs war.

Eine Sternwarte ist gerade nicht der Ort, den man mit einem Besuche von wenigen Stunden abfertigen kann. Da giebt es zahlreiche Instrumente mit sehr künstlichen Einrichtungen zu betrachten, und jedes Instrument hat irgend etwas zu erzählen, jedes irgend eine Ueberraschung bei der Hand. Hat man nun vollends Kunde erhalten von der lichtschöpferischen Zauberkraft der Teleskope, so kann man sich den Wunsch nicht versagen, auch von den Leistungen der wunderbaren Instrumente Etwas zu erfahren, mit denen man sie hier verbunden sieht, und an denen sie gleichsam die Fühlhörner abgeben.

So gern ich auch den versprochenen Ausflug in den Himmelsraum beschleunige, so müssen wir doch noch einen oder zwei Abende unter diesen redenden Zeugen der Wissenschaft zubringen, zumal Sie von der Nothwendigkeit noch mancher Vorbereitung überzeugt sind. Mit der Kunst des Sehens haben Sie ja auch die Schwierigkeiten desselben kennen gelernt. Trotz aller staunenswerthen Leistungen der Fernrohre hatte ich Ihnen doch schließlich gezeigt, daß der Lichtstrahl nicht ausreicht, um die Geheimnisse des Himmels zu ergründen. Deutlicher und reicher zwar gestaltet sich das Bild des Himmels dem bewaffneten

Auge; aber immer bleibt es ein Bild, welches zu entzaubern, zu beleben, allein der Gedanke berufen ist. Das soll unsere heutige Aufgabe sein.

Ich habe Ihnen schon neulich gesagt, daß der Sternhimmel eigentlich als eine Karte zu betrachten sei, von der unsere Sternkarten mehr oder minder treue Kopien liefern. Kaum einer Landschaft, sagte ich, ist dieser Himmel im eigentlichen Sinne zu vergleichen; denn es fehlt ihm jede Perspektive, es fehlen ihm die Schlagschatten und Farbentöne, durch welche sich die Gegenstände einer Landschaft vom Hintergrunde abheben; man müßte denn jene schimmernden Lichtnebel, welche das Teleskop aus den Tiefen der Himmelsnacht heraufzaubert, als Hintergrund auffassen. Den Alten galt der Himmel als ein festes Krystallgewölbe, an dessen innerer Fläche die Sterne gleich Nägeln befestigt wären, und es gehörte schon die philosophische Anschauung eines Aristoteles dazu, acht solcher Himmelssphären übereinander zu erblicken. Dem Auge, selbst dem bewaffneten, ist der Himmel noch heute ein solches Gewölbe, eine bemalte, schimmernde Fläche. Wer also reisen will in jenen Regionen, der muß sich über die Anschauung erheben, der muß an die Stelle seines leiblichen Auges ein geistiges setzen. Wäre ich Philosoph, so würde ich Ihnen sagen: der Begriff des Reisens hebt den Begriff der Fläche, des landschaftlichen Bildes auf, und dieses Aufheben des Begriffs geschieht durch Veränderungen in den Verhältnissen des Bildes, durch ein Auseinanderfließen des Hintergrundes und ein Hervortreten einzelner Punkte desselben, mit einem Worte, durch Bewegung.

Bewegung werde ich Ihnen am Himmel zeigen, darauf läuft Alles hinaus. Bewegung soll Ihnen die Perspektive und die Schatten des Bildes ersetzen und Sie die Wirklichkeit errathen lassen, die hinter der bemalten Fläche sich birgt. Sie sehen, daß hier der Punkt ist, wo der Gedanke in sein Recht tritt, und daß der Gedanke allein die wirkliche Himmelswelt aufbaut, während das Licht nur den Pinsel leiht für ein Gemälde der Welt. Um alle die verschiedenen Bewegungen am Himmel zu erkennen, dazu bedurfte es Jahrtausende langer Beobachtungen, und um selbst die alltäglichsten und dem blödesten Auge sich aufdrängenden Bewegungen in ihrem eigentlichen Wesen zu erkennen und von jedem täuschenden Scheine zu befreien, dazu mußten die größten Geister der Menschheit aufstehen und den gefährlichsten aller Kämpfe, den Kampf des Gedankens gegen die vermessene und trotzige Blindheit der Sinne, vollführen. Daß Ihnen dieser Kampf nicht so schwer werden wird, liegt theils daran, daß Sie sich der absoluten Herrschaft der Sinne bereits auf anderen Gebieten entzogen haben, theils aber auch an der Vortrefflichkeit der Waffen, die Ihnen die Wissenschaft durch mich bietet. Was ich aber heute mit ihnen vorhabe, ist mit einem Worte, Sie beobachten zu lehren, wie ich Sie neulich sehen gelehrt habe.

Blicken Sie zunächst einmal durch dieses feststehende Fernrohr und lassen Sie ihr Auge 2 bis 3 Minuten darin verweilen. Der Fixstern, den Sie jetzt in der Mitte seines Sehfeldes erblicken, wird sich mehr und mehr dem Rande nähern und endlich ganz entschwinden. Was Ihnen hier einige Minuten zeigen, das konnten Sie freilich längst und alltäglich durch aufmerksame Betrachtung des Himmelsgewölbes erfahren. Jene strahlende Capella dort tief im Nordosten wird in wenigen Stunden hoch am östlichen Himmel heraufgerückt sein und

gegen Morgen fast gerade über Ihren Köpfen nahe dem Scheitelpunkt des Himmels, dem Zenith, stehen. Das bekannte Gestirn des großen Bären, das jetzt seine Schwanzsterne fast gegen den Horizont herabsenkt, wird bald diese Sterne nach Osten kehren und am Morgen hoch gegen das Zenith emporstrecken. Dieses Gestirn scheint also täglich einen Kreislauf am Himmel zu vollenden und zwar um einen Punkt, der durch den Ihnen bereits bekannten Polarstern angedeutet wird.



Umgebung des nördlichen Himmelspoles.

Denn Sie werden finden, daß zu jeder Zeit und in allen vorkommenden Stellungen des Gestirns die Linie, welche Sie durch die beiden Hinterräder des großen Wagens ziehen, die man oft schlechthin als die Richtsterne bezeichnet, auf jenen Polarstern wie auf einen unverrückbaren Punkt hinweist. Aehnliche Kreisbewegungen werden Sie aber auch bei allen Sternen, die sich innerhalb eines Abstandes von etwa 52° vom Polarstern befinden, beobachten können, und ich kann Ihnen im Voraus mittheilen, daß diese Bewegungen nicht eigentlich genau in 24 Stunden, sondern in 23 Stunden 56 Minuten 4 Sek. vollendet werden.

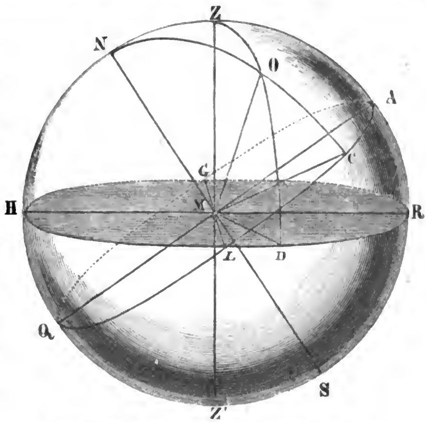
Wenden Sie jetzt Ihre Aufmerksamkeit einer andern Gegend des Himmels zu! Dort im Südosten geht soeben der glänzende Stern des südlichen Fisches, der Fomalhaut auf. Sie brauchten nur fünf Stunden der Nacht darauf zu verwenden, um seinen ganzen Lauf zu verfolgen. Sie würden ihn nur wenige Grade über den Horizont sich erheben und endlich nach Vollendung seines flachen Bogens im Südosten wieder verschwinden sehen. Andere Sterne, wie die gleichfalls soeben im Aufgang begriffenen Plejaden dort im Nordosten, werden Sie

bedeutendere und höhere Bogen am Himmel beschreiben, die Plejaden z. B. in einer der unserer Julisonne ähnlichen Bahn nach etwa 18 Stunden zum Horizont niedersteigen sehen.

Ich wollte, ich könnte Sie in diesem Augenblick nach Borneo oder auf die Galapagosinseln oder nach Quito in Südamerika, oder an sonst einen Punkt in der Nähe des Aequators versetzen. Der Himmel würde Ihnen dort ein ganz anderes Schauspiel darbieten. Eine Menge Ihnen bisher völlig unbekannter Sterne und Sternbilder würden Ihnen erscheinen. Den Polarstern würden Sie nicht mehr hoch am Himmel wie bei uns, sondern nahe am Horizont erblicken und den großen Bären als auf- und untergehendes Gestirn kennen lernen. Denn sämmtliche Sterne gehen dort auf und unter, und alle verweilen fast die gleiche Zeit von zwölf Stunden über dem Horizonte. Die genau im Osten aufgehenden Gestirne steigen zum Zenith hinauf, alle übrigen beschreiben um so kleinere Kreisbogen und bewegen sich um so langsamer über das Himmelszelt hin, je näher dem Nord- oder Südpunkt sie auftauchen. Wiederum anders würde Ihnen das Himmelsschauspiel auf Vandiemensland oder in Buenos-Ayres erscheinen. Dort würden Sie weder den Polarstern noch den großen Bären erblicken. Dafür aber würden Sie den Südpol hoch am Himmel finden, umkreist von den prachtvollen Gestirnen des südlichen Kreuzes und des Centauren. Könnte ich Sie endlich auch an den Nordpol versetzen, so würden Sie keine Sterne mehr auf- und untergehen sehen, sondern in ewiger Monotonie würde das ganze himmlische Heer unausgesetzt in je 24 Stunden parallel dem Horizonte den Himmel umkreisen.

Wenn Sie alle diese Bewegungserscheinungen des Himmels zusammenfassen, so müssen Sie zu dem Schlusse gelangen, daß anscheinend das ganze Himmelsgewölbe sich täglich rings um die Erde dreht. Daß diese Drehung eine gemeinsame und nicht etwa eine jedem Sterne eigenthümliche ist, davon muß Sie schon die leicht zu verschaffende Beobachtung überzeugen, daß Sie von Ihrem Zimmer aus denselben Stern heute wie nach 30 Jahren stets an demselben Punkte des Horizontes, hinter demselben Baume, derselben Mauer aufgehen sehen. Einen noch bestimmtern Beweis aber würden Sie erlangen, wenn Sie mit Hülfe eines einfachen Winkelinstrumentes, etwa zweier um einen gemeinsamen Mittelpunkt drehbarer und durch einen getheilten Kreisbogen verbundener Fernrohre, versuchten, zu verschiedenen Tagesstunden den Winkel zu messen, welchen zwei mehr oder weniger von einander entfernte Sterne für Ihr Auge bilden. Sie würden finden, daß dieser Winkel stets unverändert bleibt, was doch nur der Fall sein kann, wenn Sie als Beobachter im Mittelpunkte der sich drehenden Kugelschale stehen, an welcher jene Sterne befestigt sind. Aber noch mehr! Schon ein Astronom der Vorzeit, Hipparch auf Rhodus, hat 120 Jahre vor unserer Zeitrechnung die gegenseitigen Winkelabstände von 126 Sternen gemessen, und das Bild des Himmels, das er aus jenen Messungen für seine Zeit entwarf, ist genau dasselbe, das Sie noch heute erblicken. Sie sehen, daß die Alten gar nicht Unrecht hatten, von Fixsternen zu reden. So sehr aber auch diese Thatsache auf den ersten Blick mit unserer gewonnenen Vorstellung von einer gemeinsamen Drehung des Sternhimmels übereinstimmt, so könnte doch einer

denkenden Betrachtung — und zu solcher habe ich Sie ja aufgefordert — gerade ein Widerspruch darin zu liegen scheinen. Die Beobachtungen Hippparch's wurden in Alexandrien gemacht, also in einer bedeutenden Entfernung von unserem heutigen Standort. Eine solche Entfernung, sollte man meinen, könnte doch nicht ganz ohne Einfluß auf die Messung von Winkelabständen bleiben, es wäre denn, daß die Unsicherheit der Messung größer wäre, als die sich ergebenden Unterschiede. Wir wollen nun aufs Gerathewohl annehmen, zwei verschiedene Beobachtungsorte seien um 1000 Meilen von einander entfernt, und die äußerste Grenze der Genauigkeit, welche bei einer Winkelmessung erreicht werden könne, betrage gerade noch eine Bogensekunde. Nun sei der Winkelabstand irgend zweier Sterne an dem einen Orte zu 15°, also 54,000 Sek. gefunden. Betragen jene 1000 Meilen genau den 54,000sten Theil der geradlinigen Entfernung der Sterne von diesem Beobachtungsorte, so müßten die Sterne vom zweiten Beobachtungsorte allerdings unter einem um eine Sekunde kleineren Winkel erscheinen. Geschieht dies aber nicht, so geht daraus offenbar hervor, daß 1000 Meilen noch nicht den 54,000sten Theil des Abstandes der Sterne ausmachen, d. h. daß sie also mehr als 45 Millionen Meilen von der Erde entfernt sind. Sie sehen zugleich, in wie innigem Zusammenhange die Genauigkeit der Winkelmessung mit der Kenntniß von den Entfernungen der Fixsterne steht, und Sie begreifen daher, wie die Sterne in dem Maße weiter in den Himmelsraum hinausgerückt werden mußten, als die Genauigkeit der Meßinstrumente zunahm.

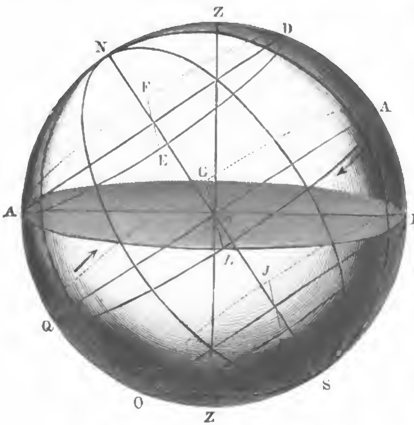


Astronomische Eintheilung des Himmelsgewölbes.

Z Zenith. HR Horizont. N Nordpol. AQ Aequator. ZO Zenithdistanz. DO Höhe des Sternes. ODR Azimut, NO Poldistanz, CO Deklination des Sternes.

Ich brauche Sie nicht erst daran zu erinnern, daß diese Bewegung in der That nur eine scheinbare, durch die tägliche Axendrehung unserer Erde bewirkte, ist. Sie sind mit dieser Vorstellung bereits von Jugend auf vertraut, und es bedarf für Sie nicht mehr des Hinweises auf die ungeheuern Entfernungen jener Fixsterne und die schwindelnde Geschwindigkeit, die durch eine tägliche Bewegung derselben um unsere Erde bedingt wäre. Hielten sie auch nur jene Grenze fest, welche wir uns vorhin durch die Vergleichung der Hipparch'schen Beobachtungen mit unseren eigenen steckten, wollten Sie sich die Sterne auch nur in einem

Abstande von 54 Millionen Meilen denken, so würde das schon auf eine Geschwindigkeit von 16,000 Meilen in der Sekunde führen. Sie wissen ja aber bereits recht gut, daß die Schärfe unserer Beobachtungsmittel die Grenze für den Abstand zahlloser Fixsterne auf mehr als zwei Billionen Meilen hinausgerückt hat, und das würde eine Geschwindigkeit erfordern, mit welcher ein Raum von 145 Millionen Meilen in jeder Sekunde, während jedes Pulsschlages durchmessen würde, ein so reißender, über alle Vorstellung und alles in der natürlichen Ordnung gewohnte Maß hinausgehender Flug, daß er die himmlischen Welten, und wären sie noch so fest, in Atome zertrümmern müßte. Ihnen also brauche ich nicht erst zu sagen, daß trotz jener täglichen Bewegung der Sterne, der Himmel für uns noch unbeweglich fest steht.



Parallelkreise und Stundenkreise.

Das wird Ihnen im Grunde freilich nicht lieb sein zu hören; denn es ist das Geständniß, daß wir noch keinen Schritt unserem Ziele näher gekommen sind. Bewegung wollte ich Ihnen am Himmel zeigen, und nun habe ich Sie die einzige, Ihnen bisher aufgefallene Bewegung als eine blos scheinbare kennen gelehrt. Ihre Reise durch den Himmelsraum, von der ich Sie überzeugen wollte, ist damit fürs Erste auf die tägliche kleine Rundreise um den Umfang unserer Erde beschränkt. Soll Ihre Reise sich ausdehnen so muß ich Sie weitere Veränderungen am Himmel, Bewegungen, die, wenn auch noch so wenig, von dieser allgemeinen abweichen, finden lehren. Zu diesem Zwecke aber muß ich Sie in den Besitz von Mitteln setzen, durch welche Sie zu jeder Zeit, für jeden Stern den Ort aufzufinden vermögen, an welchem er sich, jener allgemeinen Bewegung zufolge, gerade befinden müßte. Wir müssen mit einem Worte zuvor die ordentliche Bewegung jedes Sternes fixiren, um die außerordentliche erkennen zu können.

Wäre die Drehung des Himmels nicht, so wäre es das Einfachste, vom Zenith herab, gleich den Rippen einer Glaskuppel, senkrecht auf den Horizont sogenannte Höhenkreise durch die Sterne zu ziehen. Der Abstand eines Sternes vom Zenith, seine Zenithdistanz, oder sein Abstand vom Horizont, seine Höhe, würde in Verbindung mit dem Winkel, welchen sein Höhenkreis mit dem eines andern bekannten Sternes oder sonst eines fest bestimmten Punktes, des Süd-

punktes z. B. bildete, und den man das Azimuth nennt, hinreichen, den Ort des Sternes genau zu bestimmen. Bei der bekannten Drehung des Himmels aber würde diese Ortsbestimmung immer nur für einen Augenblick Giltigkeit haben, das Azimuth und die Höhe des Sternes sich beständig ändern. Wir müssen uns also nach einem anderen Netze umsehen, das von dieser täglichen Drehung unberührt bleibt.

Der ganze Sternhimmel dreht sich, wie wir gesehen haben, um zwei unverrückbare feste Pole. Jeder Stern beschreibt einen Kreis am Himmel, und alle diese Kreise, die man darum auch Parallelkreise nennt, sind unter sich parallel. Der größte unter ihnen, genau in der Mitte zwischen beiden Polen, der Aequator, theilt das ganze Himmelsgewölbe in zwei gleiche Hälften. Da haben Sie schon die erste Anlage zu jenem Netze. Freilich reichen diese Parallelkreise, deren Entfernung vom Pole man die Poldistanz nennt, zu einer Ortsbestimmung der Sterne noch nicht aus; denn die Poldistanz eines Sternes gilt nicht für diesen Stern allein, sondern für den ganzen Kreis, in dem er sich bewegt. Aber jeder Stern erreicht genau in der Mitte zwischen seinem Auf- und Untergange seinen höchsten Stand am Himmel. Das ist selbstverständlich aus der gemeinsamen Drehung des Ganzen, und eben so selbstverständlich ist, daß alle diese Höhenpunkte der Sterne in einem einzigen größten Kreise liegen, welcher von Pol zu Pol eine Ebene abschneidet, die man die Meridianebene nennt. Einer nach dem anderen gelangen alle Sterne bei jedem Umschwunge des Himmels mindestens einmal in diese Linie, den Meridian; man sagt sie kulminiren. Bei der Gleichförmigkeit dieses Umschwunges kann daher die Zeit, welche zwischen dem Meridiandurchgange des einen Sternes und dem eines andern verfließt, sehr bequem zu einer Ortsbestimmung dieser Sterne dienen. Denn der Unterschied der Zeit mißt auch den Winkel, um welchen sich das Himmelsgewölbe inzwischen dreht, mißt also auch den Winkel, welchen die von den Polen durch die beiden Sterne gezogenen größten Kreise untereinander bilden. Diese Kreise aber nennt man die Stundenkreise, die Winkel, welche sie einschließen, die Stundenwinkel. Da haben Sie das Netz vollendet: Parallelkreise und Stundenkreise, rechtwinkelig einander kreuzend, an einer Kugelschale gedacht. Durch Poldistanz und Stundenwinkel ist der Ort jedes Sternes am Himmel genau bestimmt. Eins freilich haben wir dabei noch vergessen, die Punkte, von denen wir unsere Zählung beginnen sollen.

Der eine Punkt, von dem wir die Abstände der Parallelkreise, die Poldistanzen also, zu zählen haben, ist uns gegeben. Das ist für unseren nördlichen Himmel der Nordpol, werden Sie sagen und dabei auf den Polarstern deuten, den ich Sie selbst als solchen auffassen lehrte. Wie aber, wenn ich bekennen müßte, daß ich mir in dieser Beziehung eine kleine Ungenauigkeit habe zu schulden kommen lassen, wie, wenn der Polarstern nicht wirklich so unabänderlich fest stände, als wir es doch vom Pole verlangen müssen? Wollen Sie einen Blick durch dieses Fernrohr thun, so werden Sie sich davon überzeugen. Das Fernrohr steht, wie Sie sehen unbeweglich fest, und dennoch wird der Polarstern, den Sie jetzt in der Mitte seines Gesichtsfeldes erblicken, im Verlaufe einer

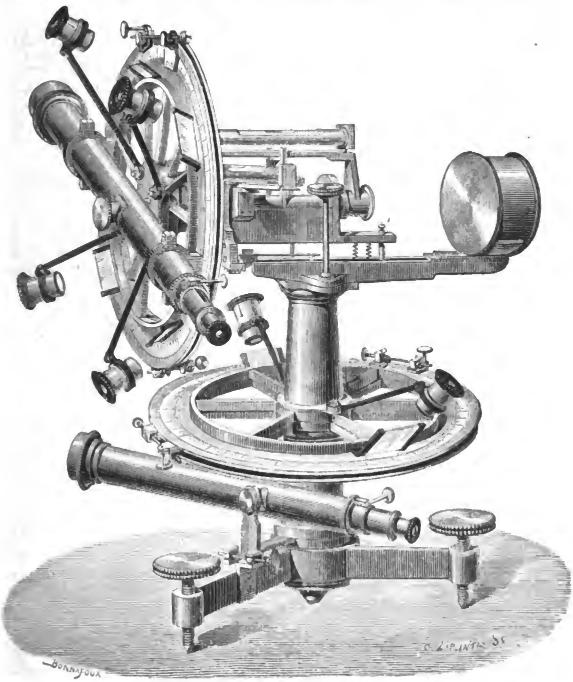
Stunde etwa daraus verschwunden sein. Auch er steht also nur in der Nähe des Poles und beschreibt gleich anderen Sternen seinen täglichen Kreis um diesen. Der Abstand des Polarsternes vom Pole beträgt etwa $1^1/_2$ Grad. Es gilt also jetzt ein Mittel zu ersinnen, durch welches wir mit Sicherheit den Pol, d. h. den wirklichen, von keinem Sterne bezeichneten, festen Drehpunkt des Himmels bestimmen können.

Wäre der Himmel, wie ihn die alten Astronomen sich dachten, ein festes krystallenes Gewölbe, wäre der Pol also einer jener Zapfen oder Angeln, in welchen die Weltaxe sich unaufhörlich drehte, um jene wunderbare Harmonie der Sphären zu erzeugen, die zu vernehmen freilich dem irdischen Ohre nicht vergönnt war; wäre dieser Pol endlich — denn auch das ist eine Vorstellung der alten Weisen — wie bei einem Rade oder einer Drehbank durch eine kleine Nabe bezeichnet, so könnte es für unsere vervollkommneten Instrumente keine Schwierigkeit haben, ihn aufzufinden, und jedenfalls wäre die Besorgniß unnütz, daß er jemals den einmal bestimmten Ort des Himmels verlassen könnte. Seit aber die Wissenschaft der Neuzeit solche Vorstellungen für roh erklärt und den festen Himmel in ein Heer freier, beweglicher Welten verwandelt hat, ist auch der Pol in eine bloße Idee verflüchtigt und, was noch schlimmer ist, wie Sie sehen werden, selbst die Sicherheit seiner Ortsbestimmung erschüttert worden. Lassen wir indeß diese letzte Besorgniß einstweilen beiseite und versuchen wir den Pol als Produkt der täglichen Drehung durch diese selbst zu bestimmen.

Erinnern Sie sich jetzt, daß die höchsten Standörter, welche sämmtliche Sterne in ihrem täglichen Laufe über dem Horizonte einnehmen, durch einen größten Kreis verbunden werden, den wir den Meridian oder die Mittagslinie nannten, und daß dieser Kreis durch das Zenith wie durch den Pol des Himmels geht. Gelingt es uns, die Lage dieses Meridians genau zu bestimmen — und das werden wir ohnehin versuchen müssen, um die Kulmination der Sterne und ihre Stundenwinkel beobachten zu können, — so wird uns durch ihn wenigstens schon die Richtung auf den Pol angewiesen. Das einfachste Mittel zur Auffindung des Meridians scheint uns durch den Umstand gegeben, daß die Höhenpunkte der Sterne stets genau in der Mitte zwischen ihrem Auf- und Untergangspunkte liegen. Freilich dürfte es sehr schwer sein, diese Punkte des Auf- und Unterganges genau zu beobachten, da der Horizont selten ganz frei und namentlich fast immer mit Dünsten bedeckt ist, welche Gesichtstäuschungen veranlassen. Man könnte nun freilich statt der Auf- und Untergangspunkte gewisse gleiche Höhen des Sternes über dem Horizonte wählen. Die ganze Aufgabe würde dann darin bestehen, zweimal in gleichen Höhen über dem Horizonte genau und gleichzeitig Höhe und Azimuth eines Sternes zu beobachten.

Ich benutze diese Gelegenheit, Sie mit einem für den Astronomen höchst wichtigen Instrumente bekannt zu machen, das den Namen des Theodolits führt. Wie Sie sehen, besteht es im Wesentlichen aus zwei getheilten Kreisen, von denen der eine vertikal, der andere horizontal ist. Jeder dieser Kreise ist mit einem Fernrohr so fest verbunden, daß bei einer Drehung ihre gegenseitige Stellung nicht verändert werden kann. Jeder dieser drehbaren Kreise oder Alhidaden, wie man sie nennt, ist wieder von einem festen, unbeweglichen Kreise oder

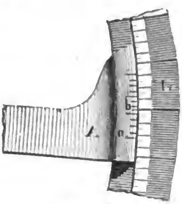
Limbus umgeben, der in Grade und kleinere Theile getheilt ist. Sie sehen also, daß man auf diesen beiden Limbus jede Bewegung des Instruments, die horizontale des einen und die vertikale des andern Fernrohres ablesen kann. Nur wird es Ihnen schwerlich auch begreiflich sein, wie dies genau, nicht blos nach Graden, sondern nach Minuten und Sekunden geschehen kann. Damit Sie überhaupt einen Begriff von einer astronomischen Winkelmessung bekommen, will ich Ihnen hier die Einrichtung, auf welcher sie beruht, deutlich zu machen suchen.



Theodolit.

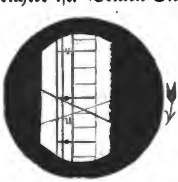
Sie sehen bei solchen Instrumenten an verschiedenen Punkten der Alhidaden Lupen angebracht, durch welche Sie am Rande derselben eine Theilung bemerken werden. Dem Anschein nach ist diese Theilung nicht wesentlich von der des Limbus unterschieden, und dennoch gestattet sie für die Winkelmessung noch sehr kleine Theile abzulesen. Es entsprechen nämlich dieser Alhidadentheilung genau 29 Theile von der Theilung des Limbus. Da dieses Stück der Alhidade aber genau wieder in 30 Theile getheilt ist, so wird jeder dieser Theile um $^1/_{30}$ kleiner

sein als jeder der Theile des Limbus. Der kleinste Theil auf dem Limbus entspricht einem halben Grad. Bleibt nun bei irgend einer Stellung des Instruments, in welcher ein Winkel gemessen werden soll, ein Bruchtheil eines solchen halben Grades übrig, so dient das Stück der Alhidadentheilung zur Messung dieses Restes. Es wird nämlich irgend einer der 30 Theilstriche der Alhidade mit irgend einem der nächsten 29 Theilstriche des Limbus zusammenfallen, und der Unterschied der beiden dadurch bezeichneten Stücke auf der Alhidade und dem Limbus wird den unbekannten Rest messen. Jeder Theil der Alhidade ist aber nun der dreißigste Theil eines halben Grades, also um eine Minute kleiner, als jeder Theil auf dem Limbus. Folglich giebt die Anzahl der Theilstriche bis zum Zusammenfallen der beiden Theilungen die Anzahl der Minuten an, welche jener Rest enthält. Diese Einrichtung ist es, deren Sie unter dem Namen des Nonius oder Vernier bei astronomischen, geometrischen oder anderen Messungen gewiß schon erwähnen gehört haben.



Nonius.

Für astronomische Messungen reicht indessen selten dieser Nonius ganz aus, und man pflegt namentlich bei größeren und feststehenden Instrumenten statt seiner eine andere Einrichtung anzuwenden, die noch weit sicherere und genauere Resultate erzielt. Da Ihr Vertrauen auf die Sicherheit und Richtigkeit der astronomischen Messungen wesentlich durch die Kenntniß solcher Hülfsmittel bedingt ist, so will ich Ihnen auch von dieser überaus sinnreichen Einrichtung einen Begriff zu verschaffen suchen. Sie ist unter dem Namen des Mikrometers bekannt. Es ist im Wesentlichen ein kleines Fernrohr, welches in seinem Brennpunkt ein Fadenkreuz trägt und unveränderlich gegen die auf dem Außenrande des sich drehenden Alhidadenkreises angebrachte Theilung gerichtet ist. Blicken Sie durch dieses kleine Fernrohr, so sehen Sie das vergrößerte Bild eines kleinen Stückes der Theilung und mitten darin die sich kreuzenden Fäden. Diese Fäden aber sind nicht unbeweglich wie in gewöhnlichen Fernröhren, sondern können mit Hülfe einer kleinen Schraube in der Richtung der Theilung des Instruments fortbewegt werden, und darauf eben beruht, wie wir sehen werden, die außerordentliche Feinheit dieser Messung. Wenn nämlich der große drehbare Kreis des Instruments aus einer genau bekannten Stellung in eine andere übergeht, so wird es selten geschehen, daß einer der Theilstriche desselben genau mit dem Kreuzungspunkte der Fäden des Mikrometerfernrohrs zusammen fällt; vielmehr wird sich dieser Kreuzungspunkt fast immer zwischen zwei solchen Theilstrichen befinden. Es wird daher, um die ganze erfolgte Drehung zu messen, auch der kleine Abstand des Kreuzungspunktes von dem zuletzt durchlaufenen Theilstriche gemessen werden müssen. Das geschieht nun durch die Bewegung des Fadenkreuzes mit Hülfe der Schraube. Jeder Umlauf der Schraube, der zu dieser Verschiebung erfordert wird, entspricht nämlich einem bestimmten Bruchtheil



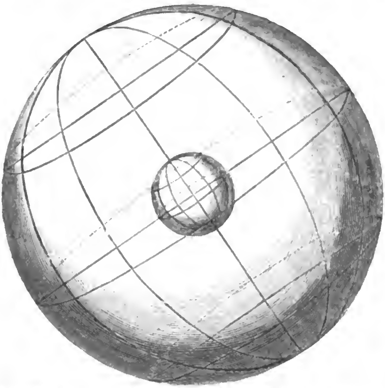
Mikrometer.

jener Theilung, und selbst Bruchtheile eines solchen Umlaufes können durch die feine Theilung, welche der Kopf der Schraube trägt, noch gemessen werden. Gesetzt, der große Alhidadenkreis sei von fünf zu fünf Minuten getheilt, und die Mikrometerschraube müsse genau zehn Umläufe vollenden, um das Fadenkreuz von einem Theilstriche zum anderen zu schieben, der Umfang des Schraubenkopfes sei endlich in 60 gleiche Theile getheilt, so wird jeder Umlauf der Schraube einen Bogen von 30 Sekunden und jeder Theilstrich des Schraubenkopfes einen Bogen von einer halben Sekunde messen. Sie sehen, wie durch diese einfache, aber sinnreiche Vorrichtung eine Genauigkeit der Winkelmessung erzielt werden kann, von der Sie erst einen vollen Begriff bekommen werden, wenn ich Ihnen sage, daß die hier angegebene Grenze der Genauigkeit, eine halbe Sekunde, ungefähr dem 77sten Theile des scheinbaren Durchmessers der Jupiterscheibe gleich ist.

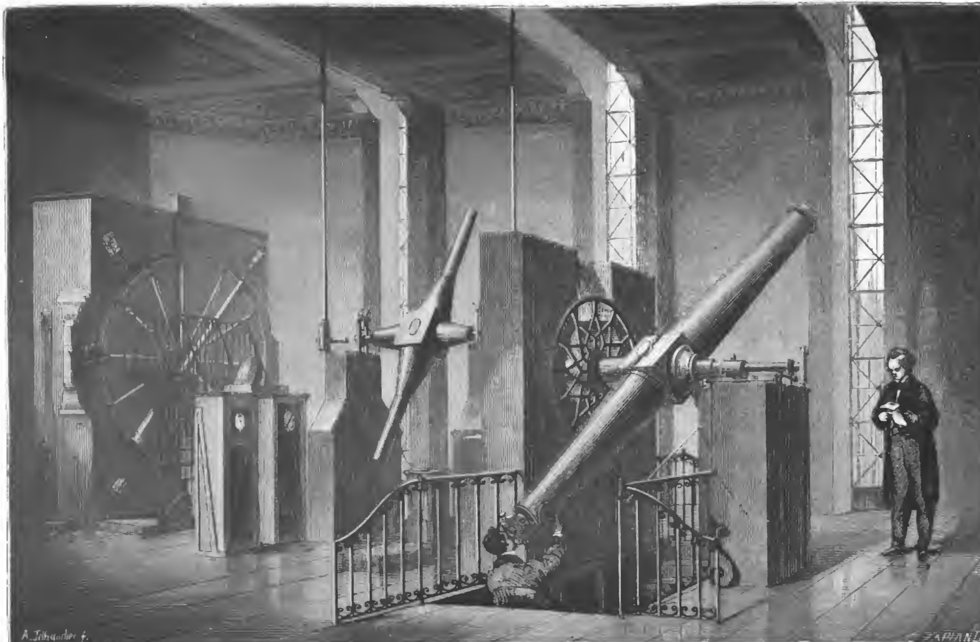
Jetzt, nachdem ich Ihnen Vertrauen zu der Genauigkeit der astronomischen Winkelmessung eingeflößt habe, können wir zu jener Anwendung derselben zurückkehren, welche die Bestimmung des Meridians zum Zwecke hatte. Sie haben bereits gesehen, daß der vertikal stehende Kreis oder Höhenkreis des Theodolits mit seinem Fernrohr geeignet ist, die Höhe eines Sternes, der Horizontalkreis aber sein Azimuth festzustellen. Der Astronom richtet also einige Stunden nach dem Aufgange eines Sternes, wenn er etwa eine Höhe von 15° über dem Horizonte erreicht hat, das Fernrohr seines Höhenkreises auf denselben, so daß er genau in der Mitte seines Fadenkreuzes erscheint. Das Instrument wird dann mit Hülfe von Stellschrauben festgestellt und der Nonius des Horizontalkreises abgelesen. Einige Stunden vor seinem Untergange wird der Stern wieder dieselbe Höhe über dem Horizonte einnehmen. Um diese Zeit dreht man den Horizontalkreis sammt dem Höhenkreise und seinem Fernrohr, dessen Neigung gegen den Horizont ja dadurch keine Veränderung erleidet, um die vertikale Axe des Instruments nach Westen, bis man den Stern genau wieder im Fadenkreuze des Fernrohrs hat. Man liest nun abermals den Nonius des Horizontalkreises ab und erfährt so den Winkel, welchen die beiden verschiedenen Stellungen des Fernrohrs einschließen. Genau in der Mitte des Winkels liegt der Meridian. Dieses Verfahren, die Meridianlinie zu bestimmen, das man als die Methode der korrespondirenden Höhen bezeichnet, hat lange Zeit in der Astronomie eine bedeutende Rolle gespielt. Dennoch ist es mit wesentlichen Mängeln behaftet. Sie werden freilich nicht die Schwierigkeit begreifen, die es hat, einen Stern gleichzeitig unter dem horizontalen und vertikalen Faden des Fernrohrs zu erhalten. Aber Sie müssen an die ununterbrochene Bewegung der Sterne denken, die sie, wenn man sie in der einen Richtung festgestellt zu haben glaubt, bereits wieder entführt, während man die Feststellung in der anderen Richtung versucht. Dennoch hat der Astronom gerade aus dieser Schwierigkeit eine andere, weit zuverlässigere Methode zur Bestimmung der Meridianlinie herzuleiten gewußt.

Ich brauche Sie nicht erst darauf aufmerksam zu machen, daß die Bewegung des Himmels eine durchaus gleichmäßige ist, daß in allen Parallelkreisen in gleicher Zeit gleiche Bogen durchlaufen werden. Eine einmalige Beobachtung des Himmels mittels eines Winkelinstruments würde Sie davon überzeugen.

Ich muß aber Ihren Blick auf jene nie auf- und untergehenden Sterne lenken, die täglich den Pol umkreisen, und die man als Circumpolarsterne zu bezeichnen pflegt. Denken Sie sich jetzt ein um eine horizontale Axe drehbares Fernrohr, das also bei seiner Drehung stets eine Vertikalebene beschreibt, auf die Nordseite des Himmels gerichtet, an welcher jene Sterne kreisen. Das Fernrohr wird hier offenbar in seiner Drehung den Parallelkreis irgend eines jener Circumpolarsterne durchschneiden. Liegt dieser Schnitt rechts von dem Mittelpunkte des Kreises, so wird er denselben in zwei ungleiche Theile theilen, und der Stern wird mehr Zeit gebrauchen, um nach Westen hin den unteren Durchschnitt zu erreichen, als um von Osten her wieder in den obern zu gelangen. Bewegt man also nun sein Fernrohr, ohne die horizontale Lage der Axe zu ändern, etwas weiter nach Westen, so wird ein neuer Durchschnitt des Parallelkreises erfolgen, und der Stern wird nun vielleicht umgekehrt weniger Zeit gebrauchen, um westlich den unteren Schnitt zu erreichen, als um östlich zum oberen zurückzukehren. Der Mittelpunkt des Parallelkreises liegt also jetzt zur Rechten des letzten Schnittes und muß mitten inne zwischen beiden gesucht werden. Durch wiederholte Versuche wird man dahin gelangen, diejenige Stellung des Fernrohrs zu ermitteln, in welcher der Stern eben so viel Zeit gebraucht, um von oben nach unten zu gehen, als um von unten nach oben zurückzukehren. Das ist die Stellung, in welcher des Fernrohr genau die Meridianlinie am Himmel beschreibt. Diese Methode ist es nun in der That, die man noch heutzutage auf den meisten Sternwarten anwendet, um die Instrumente genau in der Richtung von Süd nach Nord aufzustellen. Die genaue Festlegung der Mittagslinie ist die erste Aufgabe jeder Sternwarte, welche ihren Beobachtungen einen selbständigen, von den Ermittelungen anderer Sternwarten unabhängigen Werth verleihen will. Denn nicht nur dient der Meridian dazu, das für alle astronomischen Beobachtungen so wichtige Element der Zeit zu ermitteln und den Gang der Uhr, von dessen Genauigkeit Vieles abhängt, zu kontrolliren, sondern es beruht auch die absolute Ortsbestimmung von Sternen, Planeten u. s. w. am Himmelsgewölbe auf der genauen Kenntniß der Lage des Meridians. Es ist nun klar, daß, wenn es dem Astronomen gelungen ist, die Lage seiner Mittagslinie genau zu ermitteln und sein Fernrohr möglichst scharf in die Ebene derselben zu bringen, diese Lage auch auf die Dauer fixirt bleiben muß.



Die Stundenkreise und Parallelkreise am Himmel und die Meridiane und Parallelkreise auf der Erde.



Das große Meridianinstrument der Pariser Sternwarte.

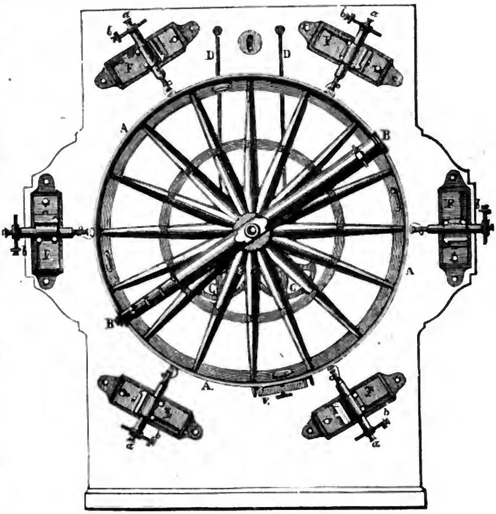
Wie soll sich aber der Beobachter jederzeit ohne neue mühevolle Untersuchungen überzeugen können, daß sein Fernrohr sich noch genau in der Ebene des Meridians bewegt; woran soll er mit Sicherheit erkennen, daß das Instrument während seiner Abwesenheit nicht etwa einen Stoß erhalten hat, wodurch es aus der Meridianebene abwich? Hierüber muß sich der Astronom offenbar jederzeit leicht vergewissern können, da sonst eine peinliche Unsicherheit über seinen Beobachtungen schweben würde. Das einfachste Mittel, sich jederzeit über die genaue Lage des Fernrohres im Meridian zu orientiren, ist die Anbringung von Meridianzeichen in gewissen, nicht zu kleinen Entfernungen, nördlich und südlich vom Observatorium. Diese Meridianzeichen bestehen gewöhnlich aus steinernen Pfeilern, welche oben eine Skala tragen, an welcher ein senkrechter Strich die genaue Richtung des Meridians bezeichnet. Es ist nun für den Beobachter nicht schwer, sich jederzeit über die richtige Stellung seines Instruments im Meridian zu vergewissern und es nöthigenfalls leicht wieder in diese richtige Lage zurückführen zu können. Das mag Ihnen für jetzt genügen, denn ich muß bald doch wieder auf das im Meridian bewegliche Fernrohr zurück kommen.

So haben wir denn bereits eine wichtige Marke am Himmel gefunden und in dem Netze, das wir über seine Kuppel ausspannten, wenigstens einen Faden fest bestimmt. Wir müssen nun aber auch den Anfangs- und Mittelpunkt dieses Netzes, den Pol des Himmels aufsuchen. Das wird auch für Sie keine Schwierigkeiten mehr haben. Er muß ja genau in der Mitte zwischen jenem höchsten und niedrigsten Orte eines Circumpolarsternes liegen, durch deren Lage wir unsere Meridianebene bestimmten. Dieser Pol und der in einem Abstande von 90° um ihn gezogene größte Kreis am Himmel, der Aequator, haben natürlich für jeden Ort auf der Erde eine andere Höhe über dem Horizonte. Die Höhe des Pols über dem Horizonte nennt man die Polhöhe, und ich brauche Ihnen nicht erst zu sagen, daß sie mit der geographischen Breite eines Ortes gleichbedeutend ist, da unsere irdischen Kreise erst aus der Uebertragung der himmlischen auf die Erde hervorgegangen sind.

Unser Netz am Himmel ist jetzt vollendet und wir sind in den Stand gesetzt, Ortsbestimmungen am Himmel vorzunehmen. Es ist gebildet durch die im Pole zusammenlaufenden Stundenkreise und durch die Parallelkreise der Sterne. Ist der Parallelkreis und der Stundenkreis eines Sternes bekannt, so ist auch der Ort desselben vollständig bestimmt. Es gehört also nichts weiter zu dieser Ortsbestimmung, als die Beobachtung eines Sternes bei seinem Durchgange durch den Meridian. Zu diesem Zwecke bedarf es wieder nur eines Instruments, dessen Fernrohr genau in der Ebene des Meridians steht. Als solche Instrumente werden Sie in den Sternwarten gewöhnlich das Mittagsfernrohr oder Passageinstrument und den Meridiankreis oder seltener den Mauerkreis finden. Das erstere ist ein einfaches Fernrohr, das um eine horizontale auf massiven Pfeilern ruhende Axe genau in der Ebene des Meridians drehbar ist. Das andere ist ein großer, mit einem Fernrohr versehener Höhenkreis, der gleichfalls nur in der Meridianebene gedreht werden kann. Beide sind mit außerordentlich genauen Pendeluhren verbunden, da die Uhr, wie wir sehen werden, eine bedeutende Rolle in der Ortsbestimmung der Sterne spielt. Was den

Mauerkreis anlangt, von dem die Zeichnung Ihnen eine Vorstellung giebt, so genoß er früher ein großes Ansehen bei den astronomischen Beobachtern, neuerdings ist man indeß ganz von diesem Instrumente abgekommen, und benutzt statt seiner ausschließlich den kompendiösen und ungleich sichrern Meridiankreis.

Richten wir nun das Fernrohr eines solchen Mittagskreises auf einen Stern im Augenblick, wo er infolge der täglichen Bewegung in den Meridian tritt, so können wir leicht an seiner Theilung den Bogen, um den dieser Stern vom Pole absteht, also seine Poldistanz ablesen.



Mauerkreis von vorn gesehen.

Statt dieser Poldistanz wählen indessen die Astronomen bei Ortsbestimmung der Sterne oft den Abstand des Sternes vom Aequator, den man die Deklinationo der Abweichung nennt, und der die Poldistanz offenbar zu 90° ergänzt. Es käme nun nur noch darauf an, auch den Stundenkreis zu bestimmen, in welchem ein Stern sich befindet. Da sämmtliche Stundenkreise einer nach dem anderen in den Meridian treten, so wird es nöthig werden, irgend einen derselben als den ersten und denjenigen festzustellen, auf welchen alle übrigen bezogen werden können. Kümmern wir uns nun einstweilen nicht um den Astronomen, sondern treffen wir einmal selbst unsere Wahl. Sie wird offenbar auf den Stundenkreis irgend eines besonders hellen Sternes, etwa des Sirius, fallen. Beobachten wir jetzt die Zeit, welche zwischen dem Meridiandurchgange des Sirius und dem desjenigen Sternes, dessen Ort wir bestimmen wollen, verfließt, so ist uns damit auch die Lage des Stundenkreises des letzteren gegeben, d. h. der Bogen gemessen, welchen beide Stundenkreise auf dem Parallelkreise des Sternes oder auf dem Aequator abschneiden. Denn dieser Bogen muß stets zum ganzen Kreisumfange in demselben Verhältniß stehen, wie sich die zu seiner Durchlaufung erforderte Zeit zu der Zeit einer ganzen Umdrehung des Himmels verhält. Jener Bogen des Aequators aber, oder der Abstand des Stundenkreises eines Sternes von

dem ersten Stundenkreise, für uns jetzt dem des Sirius, ist das, was der Astronom die gerade Aufsteigung oder Rektascension eines Sternes nennt.

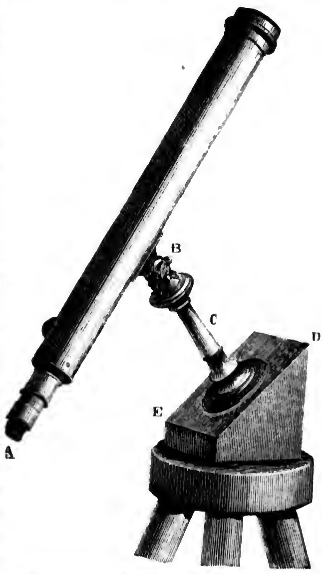
Sie sehen also, daß wir es hier mit der Uhr zu thun bekommen, und daß die Zeit, welche diese Uhr mißt, allein bestimmt wird durch die tägliche Umdrehung des gestirnten Himmels. Man bezeichnet sie deshalb auch als Sternzeit und die Einheit, auf welche sie zurückgeführt wird, d. h. die Zeit, welche von einem Meridiandurchgange eines Sternes bis zum anderen verfließt, als Sterntag. Aber wir dürfen nicht übersehen, daß, indem wir die Zeit in unsere Ortsbestimmung der Sterne gemischt haben, zugleich eine gewisse Beweglichkeit in das Netz gekommen ist, das wir über den Himmel ausgespannt zu haben glaubten. Es ist uns gleichsam von allen jenen Fäden, die wir an den Pol festknüpften, nur einer übrig geblieben, und die einzelnen Stundenkreise entstanden uns eigentlich nur dadurch, daß wir diesen Faden, den Meridian, über die einzelnen Sterne hingleiten ließen. Dadurch, daß wir die Ortsbestimmung der Sterne von der Umdrehung des Himmels abhängig machten, ist es nur möglich, für einen bestimmten Augenblick den Ort eines Sternes festzustellen. Für jeden andern Zeitpunkt aber wird dieser Ort auch ein anderer sein. Unsere Aufgabe scheint damit im Wesentlichen verfehlt. Der Himmel sollte für uns ein festes, unerschütterliches Gewölbe werden, dessen Festigkeit uns eben in den Stand setzen sollte, auch die kleinsten Ortsveränderungen der Sterne, sei es infolge ihrer eigenen Bewegung oder eigenthümlicher fortschreitender Bewegungen unserer Erde zu erkennen. Dazu bedarf es eines festen Netzes am Himmel, und das werden wir nicht gewinnen, wenn wir einen beliebigen Stern, der nicht einmal immer am Himmel sichtbar ist, der überdies jedenfalls an der Bewegung der andern Sterne theilnimmt und so gut wie diese selbst seine eigene Bewegung haben kann, zum Anfangspunkt der Stundenkreise wählen. Dazu bedürfte es streng genommen eines Punktes, der unabhängig von der gesammten Sternenwelt, unabänderlich fest an den Himmel gebannt ist. Ob ein solcher existirt, und wie die Astronomen sich geholfen haben, das wollen wir nun sehen.

Für seine Beobachtungen wenigstens ist es dem Astronomen gelungen, sich unabhängig von der täglichen Bewegung zu machen und sich eine Art festen Himmelsgewölbes zu schaffen. Sie wissen, daß es eben dieser Bewegung wegen außerordentlich schwer ist, einen Stern auch nur eine kurze Zeit hindurch im Gesichtsfelde eines Fernrohrs festzuhalten. Die Linse des Fernrohrs vergrößert nicht allein die Dimensionen des Objekts, sondern auch seine Bewegung. Will man eine Beobachtung von nur einiger Dauer machen, so muß man beständig mit dem Fernrohr dem Sterne nachrücken, und das verursacht eine höchst lästige Störung. Man ist daher, wie ich schon früher bei Besprechung des Fernrohres erwähnte, auf den Einfall gekommen, ein Fernrohr mit einem Uhrwerk in Verbindung zu setzen, durch welches es eine genau dem Sterne in seinem täglichen Laufe folgende Bewegung erhält, ohne daß der Beobachter etwas damit zu thun hätte. Hierdurch ist der Beobachter in eine Lage versetzt, als ob der ganze Himmel in völliger Ruhe wäre. Diese Einrichtung aber, die man eine parallaktische Aufstellung des Fernrohrs nennt, verlangt zunächst eine genau auf den Pol gerichtete Drehungsaxe, auf welcher senkrecht eine zweite Axe befestigt ist.



Das große Aequatorial der Pariser Sternwarte.

Um letztere dreht sich das Fernrohr. Schon eine solche Vorrichtung würde genügen, durch eine bloße Handbewegung das Fernrohr dem Laufe eines Sternes folgen zu lassen. Für gewöhnlich aber wird, wie ich schon sagte, diese Bewegung durch ein Uhrwerk hervorgerufen, welches mit größter Gleichmäßigkeit genau in einem Sterntage das Fernrohr um seine auf den Himmelspol gerichtete Axe führt, während die zweite darauf senkrechte Axe gestattet, das Fernrohr auf jeden beliebigen Parallelkreis, also auch auf jeden beliebigen Stern einzustellen. In großen Sternwarten sieht man ein solches parallaktisches Fernrohr unter dem Namen des Aequatorials stets auf dem höchsten Theile des Gebäudes unter einer drehbaren und nach einer Seite mit einer Oeffnung versehenen Kuppel aufgestellt, und zwar wählt man hierzu immer die größten Instrumente. Die großen Refraktoren, welche wir früher kennen lernten, sind sämmtlich als Aequatoriale aufgestellt oder „montirt". Die Abbildung Seite 93 giebt Ihnen eine Ansicht des großen vierzehnzölligen Aequatorials der Pariser Sternwarte und der Art und Weise seiner Aufstellung. In ähnlicher Weise sind auch die großen Refraktoren der übrigen Sternwarten aufgestellt. Die Drehung dieses Instruments mißt also zugleich die Stundenwinkel oder Rektascensionen der Sterne, die man auf einem feingetheilten Kreise ablesen kann, der genau in der Ebene des Aequators auf der schiefen Fläche des steinernen Pfeilers befestigt ist, welcher die Drehungsaxe des Instruments trägt. Ein zweiter getheilter Kreis ist an dem Fernrohr selbst befestigt und läßt die Deklinationen der



Ein Fernrohr mit parallaktischer Aufstellung.

Sterne ablesen. Dem Astronomen ist der Aequator gleichsam zum Horizont geworden, über dem die Sterne in ewiger Ruhe schimmern, so daß er, wie er sonst, um die Höhe eines Sternes über dem Horizont zu messen, seinen Theodolit gerade auf diesen Stern richtete und an seiner Theilung den Winkel las, so jetzt nur das Fernrohr seines Aequatorials auf den Stern zu richten braucht, um Deklination und Rektascension desselben zu lesen. Ich habe ihnen hiermit natürlich nur im Allgemeinen die Instrumente und Beobachtungsmethode vorgeführt, womit der Astronom den Ort der Sterne am Himmelsgewölbe ermittelt. Sie sehen das Fernrohr fest auf seinem Stande stehen und gleichmäßig mit großer Sicherheit der täglichen Umdrehung entsprechend, von einem Uhrwerk um den Himmel herumgeführt; Sie sehen die Vollkreise zum Messen der Deklinationen, die

Mikrometer zur Bestimmung relativer Winkelabstände durch Anschluß an bereits ihren Oertern nach bestimmte Sterne, von höchster Vollkommenheit; die Gradeintheilung auf dem Limbus ist so haarscharf und genau, daß man darüber erstaunt, wie menschliche Kunstfertigkeit alles dies vollbringen konnte; aber wenn Sie hiernach glauben wollten, der Astronom brauche sein Instrument nur ohne Weiteres auf den zu beobachtenden Stern zu richten, möglichst scharf einzustellen und die Messung abzulesen und zu notiren, dann befinden Sie sich in großem, aber freilich entschuldbarem Irrthum. Denn weder die Konstruktion noch die Aufstellung der besten Instrumente ist eine solche, die bei den heutigen Anforderungen, welche an brauchbare Messungen gestellt werden, ausreichte, um nur einzustellen und abzulesen, sondern jedes Instrument muß bezüglich seines Baues wie seiner Aufstellung vorher genau untersucht und rektifizirt werden. Einen Theil der kleinen Unvollkommenheiten, welche dem Beobachter behufs Korrektion der unmittelbaren Ablesung alle genau bekannt sein müssen, kann er direkt am Instrumente mittels gewisser Schrauben fortschaffen; der Rest aber muß in Rechnung gezogen und bei den Beobachtungen durch Rechnung berücksichtigt werden. Erst diese korrigirten Beobachtungen sind, nachdem sie abermals von gewissen anderen, außerhalb des Instruments befindlichen Einflüssen befreit sind, zu weiteren Untersuchungen tauglich. Doch wieder zurück zu unserem eigentlichen Gegenstande.

Wie bewundernswürdig es auch sein mag, wenn der Astronom den himmlischen Heerscharen auf diese Weise Stillstand gebietet; diese Ruhe ist doch nur eine scheinbare; die Bewegung des Himmels ist nur aufgehoben durch die entgegengesetzte des Instruments. Für die sichere Ortsbestimmung der Sterne bedarf es eines wirklich ruhenden oder wenigstens eines wirklich von dieser allgemeinen Bewegung des Himmels unabhängigen Punktes, eines Punktes etwa, für den wir in ähnlicher Weise Beständigkeit in Anspruch nehmen können, wie wir es für den Himmelspol nach allgemeinen physikalischen Gesetzen müssen. Mag auch kein Stern diesen Punkt bezeichnen, auf den wir unsere Beobachtungen und Messungen am Himmel beziehen müssen, wenn uns Ortsveränderungen am Himmel nicht entgehen sollen, mag er auch ein bloßer Gedanke sein, der an jenem Gewölbe haftet: immerhin wird er als eine außer uns liegende, von jedem Zufall unabhängige, in ewigen und unabänderlichen Naturgesetzen begründete Erscheinung bezeichnet werden müssen. Was kann also näher liegen, als der Gedanke, daß wir nach einer Bewegung zu forschen haben, die, unberührt von jener täglichen der gesammten Sternwelt, nach festen, für uns erkennbaren und bis auf einen hohen Grad der Genauigkeit von uns erkannten Gesetzen am Himmel vor sich geht! Diese Bewegung aufzusuchen und dadurch einen sicheren Anknüpfungspunkt für unsere Ortsbestimmungen am Himmel zu gewinnen, das soll unsere Aufgabe für den nächsten Abend sein, der uns zusammenführen wird. Für jetzt lassen Sie dem Himmel seine scheinbare Ruhe; denn die Bewegung, in die wir ihn versetzen werden, wird ja der wichtigste Theil unserer Reise selbst sein. Wer den Himmel durchwandern will, darf nicht müßig schauen, sondern muß ihn mit den Hebeln seines Geistes aus den Angeln reißen.



Alte indische Sternwarte bei Delhi.

Sechstes Kapitel.

Die jährliche Bewegung des Himmels.

> Es zieht dich an, es reißt dich heiter fort,
> Und wo du wandelst, schmückt sich Weg und Ort.
> Du zählst nicht mehr, berechnest keine Zeit,
> Und jeder Schritt ist Unermeßlichkeit."

Ich habe Sie nicht ohne Grund zu einer „Reise", einer „Wanderung" durch die Himmelsräume eingeladen, und Sie wissen bereits recht gut, daß es nur die Flügel des Lichtes oder des Gedankens sind, die uns tragen werden. Sie wissen wol, daß es nur der Weg, auf dem die Wissenschaft ihre wunderbaren Resultate erzielt hat, ist, den wir wandern werden. Aber dieser Weg ist der Weg der Beobachtung. Jedes neue Beobachtungsmittel ist gleichsam ein Wegweiser in ein neues, bisher unbekanntes Gebiet. Sie sehen also, daß ich Sie wenigstens einer oberflächlichen Bekanntschaft mit diesen Wegweisern nicht überheben konnte, wenn ich Sie nicht der Gefahr aussetzen wollte, sich am Himmel in die Irre zu verlieren. Und vor Allem müssen wir dort doch wenigstens festen Fuß fassen, und das, werden Sie sich erinnern, war uns an dem letzten Abende noch nicht gelungen. Vergeblich haben wir uns bemüht, an dem ewig bewegten Himmel feste Punkte aufzufinden, auf welche wir jede Veränderung in der Stellung der Gestirne beziehen, und an welchen wir sie messen könnten.

Ein solcher Punkt war uns freilich durch den Pol, den einzigen, von der täglichen Drehung des Himmels unberührten Punkt, gegeben; aber er genügte nicht, das Netz, das wir über das Himmelsgewölbe gezogen hatten, zu befestigen. Könnten wir noch an die Unbeweglichkeit der Fixsterne glauben, so wäre es freilich das Einfachste gewesen, in irgend einem glänzenden Sterne jenen festen Punkt, den wir suchen, zu wählen. Aber gerade die Erwartung, Veränderungen auch in jener fernen Fixsternwelt zu finden und durch sie Aufschlüsse über ihre Ordnung und ihre Natur zu gewinnen, ist es, auf welche die Hoffnung sich gründet, unsere Reise über die Grenzen unserer heimischen Planetenwelt auszudehnen. Die alten Aegypter glaubten noch an die Festigkeit des Fixsternhimmels, und ihnen war darum ganz folgerichtig ein solcher Fixstern, der Sirius, sowol der Markstein am Himmel, wie der Wächter des Jahres. Sein Wiedererscheinen in den Strahlen der Morgensonne bezeichnete ihnen den Anfang des neuen Jahres. Aber sie mußten bald erfahren, daß bereits nach hundert Jahren der Sirius um fast 25 Tage früher aus den Sonnenstrahlen hervortrat. Freilich war das nicht gerade die Schuld des Sirius und seiner Bewegung. Uns aber würde, wenn wir in ähnlicher Weise den Sirius zum Anfangspunkt unserer Stundenkreise wählten, bei der Vervollkommnung unserer Beobachtungsmittel infolge noch ganz anderer Bewegungen, von denen die Alten gar keine Ahnung hatten, auch eine ganz ähnliche Erfahrung in Betreff der Ortsbestimmung der Sterne drohen. Wir würden bald die heilloseste Verwirrung am Himmel gewahren, in der wir nicht mehr zu entscheiden vermöchten, ob eine Veränderung unseres Anfangspunktes oder eine Bewegung der Fixsterne sie veranlaßt hätte. So mußten wir uns denn nach einer andern Bezeichnung unseres festen Punktes umsehen, und es konnte uns nichts näher liegen, als der Versuch, ihn durch eine zweite, von der Drehung des Himmels völlig unabhängige, aber eben so genau bekannte und nach mathematischen und physikalischen Gesetzen zu berechnende Bewegung am Himmel festzustellen.

Zwei verschiedene Bewegungen müssen einander nothwendig kreuzen, und wenn beide Bewegungen unabänderlich oder doch in ihren kleinsten Veränderungen gesetzlich sind, so muß auch ihr Kreuzungspunkt unabänderlicher oder doch gesetzlicher Bestimmung zugänglich sein.

Daß es eine solche Bewegung am Himmel giebt, und daß es vorzugsweise die Sonne ist, welcher sie zukommt, brauche ich Ihnen nicht erst zu sagen. Daß es aber gerade die Sonne ist, deren Bewegung wir die Bezeichnung unseres festen Punktes überlassen, dafür giebt es noch einen besonderen Grund. Sie haben gesehen, daß wir der Zeitbestimmung einen wesentlichen Antheil an der Ortsbestimmung der Sterne zuwiesen, daß wir die Uhr dabei zu Hülfe nahmen, und wenn unsere Sternuhr nur ausreichte, die gegenseitige Stellung der Fixsterne zu einander festzustellen, so liegt es ja nahe, durch eine andere Zeitbestimmung, eine andere Uhr, diese Ortsbestimmung auf ein anderes Gestirn zu beziehen. Diese andre Zeitbestimmung ist uns aber bereits in unserm bürgerlichen Leben gegeben, und es ist Ihnen bekannt, daß der Lauf der Sonne, daß die Sonnenuhr es ist, welche diese Zeitbestimmung regelt. Lassen Sie uns nun diesem Laufe der Sonne folgen, um zu sehen, in wie weit er unseren Zwecken genügt.

Der Glanz, welchen die Sonne über unsere Atmosphäre ausgießt, verhindert uns, die Sterne am Tage zu sehen, und läßt uns darum auch keine unmittelbare Kunde über die Stellung erlangen, welche die Sonne unter den Sternen einnimmt. Allerdings ist es durch gute Fernröhre möglich, wenigstens sehr hellglänzende Sterne auch am Tage zu erblicken, aber doch nur dann, wenn sie mindestens um einen Bogen von 75° vom Tagesgestirn abstehen, und es wird immer ein sehr unzureichendes Mittel sein, durch Beobachtung solcher Sterne dem Laufe der Sonne am Himmel zu folgen.

Die Sonne geht auf und unter, wie alle übrigen Sterne, einen Tag wie den andern. So scheint es auf den ersten Blick; aber man muß näher zusehen. Wenn man einen Stern Tage lang hintereinander beobachtet, so sieht man ihn stets an demselben Punkte des Horizonts aufgehen, stets dieselbe Höhe am Himmel erreichen. Die Sonne dagegen geht jeden Tag an einem andern Punkte des Horizontes auf, erhebt sich jeden Tag zu einer andern Höhe am Himmel. Wenn man auf die Sterne achtet, welche nach dem Untergange der Sonne, sobald das Erlöschen ihres Lichtes in jener Gegend Sterne sichtbar werden läßt, dort, wo die Sonne verschwand, auftauchen, so wird man bald gewahr werden, daß diese Sterne nach und nach dem Horizonte näher erscheinen als Anfangs, daß sie endlich verschwinden und andere an ihrer Stelle sichtbar werden. Durch die Sterne, welche mit der untergehenden Sonne verschwanden oder aus den Strahlen der aufgehenden hervortauchten, bezeichneten ja die Völker des Alterthums die Zeiten des Jahres.

Nach solchen Beobachtungen ist es nicht mehr möglich, die Sonne für einen Stern wie die anderen, als festgeheftet an das täglich sich drehende Himmelsgewölbe zu betrachten. Dieses beständige Fortschreiten der Sonne mitten durch die Sterne des Himmels ist der Beweis einer ihr eigenthümlich zukommenden Bewegung. Um eine Kenntniß von der Art dieser Bewegung zu erlangen, müssen wir zu Winkelmessungen unsere Zuflucht nehmen. Sie wissen, daß es mit Hülfe eines Meridiankreises leicht ist, den Ort eines Gestirnes in Bezug auf den Aequator wie auf den Stundenwinkel eines andern Sternes festzustellen. Wir dürfen nur mit einem solchen Instrumente die Sonne in dem Augenblick beobachten, in welchem der Mittelpunkt, oder noch besser einmal der obere, dann der untere Rand der Sonne den Meridian berührt, und wir können sofort an der Theilung des Instruments den Abstand des Parallelkreises der Sonne vom Aequator, d. h. die Deklination der Sonne ablesen. Wir dürfen ferner nur an unserer Sternuhr die Zeit ermitteln, welche zwischen einem solchen Meridiandurchgange der Sonne und dem eines bekannten Sternes, etwa des Sirius, verfließt, um auch den Abstand des Stundenkreises der Sonne von dem des Sirius, also das, was wir vorhin als Rektascension bezeichneten, zu erhalten. Vergleichen wir nun eine Reihe solcher Messungen untereinander, so finden wir ein ganz anderes Resultat, als bei den ähnlichen Messungen, die wir an Fixsternen vornahmen. Während dort Deklination und Rektascension Tag für Tag unabänderlich dieselben blieben, sehen wir hier die Rektascension täglich um etwa 1° wachsen, die Deklination zuerst nördlich vom Aequator bis zu einer Grenze von 23° 27⅓′ zunehmen, dann wieder allmählich abnehmen, südlich

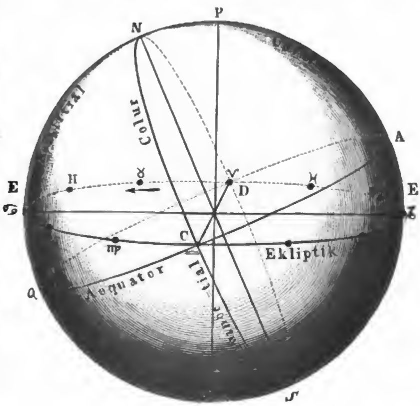
über den Aequator hinausgehen und endlich wieder die Grenze von 23° 27⅓, erreichen, um von da ab wieder zu wachsen. Die Sonne befindet sich also an jedem Tage in einem andern Parallelkreise, und dieser Parallelkreis erreicht den Meridiankreis stets etwas später als der des vorhergehenden Tages. Die Zeit zwischen zwei auf einander folgenden Meridiandurchgängen der Sonne oder der Sonnentag, wie man diese Zeit nennt, ist also etwas länger als die Zeit zwischen zwei Meridiandurchgängen eines Sternes, die wir als Sterntag bezeichnen. Wenn man genauer die einzelnen täglichen Rektascensionen der Sonne betrachtet, so findet man zugleich, daß die Zunahme der Rektascension in gleicher Zeit nicht immer dieselbe, daß der Ueberschuß des Sonnentages über den Sterntag vielmehr ein veränderlicher ist.

Dennoch hat man bei der großen Wichtigkeit der Sonne für alle Verhältnisse unseres Lebens von Alters her den Sonnentag zur Maßeinheit der Zeitrechnung gewählt. Freilich mußte man zu diesem Zwecke die Ungleichheit dieser Sonnentage auszugleichen suchen und sich künstlich aus der gesammten Zahl der Sonnentage eines Jahres einen mittleren Sonnentag konstruiren. Dieser unserer Zeitrechnung noch heute zu Grunde liegende mittlere Sonnentag übertrifft den Sterntag genau um 3 Min. 56½ Sek.

So bedeutungsvoll für uns aber auch diese Ergebnisse einer Vergleichung der Sonnenörter mit den Sternörtern sein mögen, so war für jetzt doch der Hauptzweck derselben die Auffindung des Weges der Sonne am Himmel selbst. Verfolgen wir von Tag zu Tag die Oerter der Sonne bis zu der Zeit, wo sie genau wieder dieselbe Stellung am Himmel einnimmt, verbinden wir also die Durchschnittspunkte ihrer Stundenkreise mit ihren täglichen Parallelkreisen, wodurch eben die Oerter der Sonne bestimmt sind, so erhalten wir einen größten Kreis am Himmel mitten durch die Sternbilder hindurch, der zweimal den Aequator schneidet, einmal im Sternbild der Fische, das zweite Mal im Sternbild der Jungfrau. Dieser größte Kreis am Himmel, der von der Sonne alljährlich durchlaufen wird, ist die Ekliptik, und die Neigung seiner Ebene gegen die Ebene des Aequators, die gegenwärtig 23° 27⅓′ beträgt, wird die Schiefe der Ekliptik genannt. Man könnte natürlich ebenso gut diesen Winkel als Schiefe des Aequators bezeichnen, da in dieser Beziehung Aequator und Ekliptik keinen Vorzug vor einander haben. Indessen ist die erstere Bezeichnung seit frühen Zeiten die allgemein angenommene. Die beiden Punkte, in welchen die Ekliptik den Aequator durchschneidet, heißen die Nachtgleichenpunkte oder Aequinoktien, und zwar derjenige, welchen die Sonne passirt, wenn sie von der Südseite des Himmels zur Nordseite übergeht, der Frühlingsnachtgleichenpunkt, der entgegengesetzte, welchen sie beim Uebergang von Nord zu Süd passirt, der Herbstnachtgleichenpunkt. Diejenigen beiden Punkte der Ekliptik, welche die äußersten Grenzen der Abweichungen der Sonne bestimmen, werden Solstitien oder Sonnenwendepunkte genannt, und zwar derjenige, welcher die größte nördliche Abweichung bezeichnet, das Sommersolstitium, der, in welchem die Sonne die größte südliche Abweichung erlangt, das Wintersolstitium. Die beiden größten Kreise endlich, welche von den Himmelspolen durch die Aequinoktien und durch die

Solstitien gezogen werden, nennt man die **Koluren**. Dieses Wort, das sich zuerst bei einem Schriftsteller des vierten Jahrhunderts, **Makrobius**, findet, ist seiner sprachlichen Bedeutung nach verschieden erklärt worden. Ich glaube, daß man es mit den griechischen Worten Kolos (von koluo, bändigen) und Ouros (das in Bewegung setzende) in Beziehung zu bringen hat, insofern in den Sonnenwenden diejenige Ursache, welche die Sonnendeklinationen wachsen oder abnehmen läßt, gebändigt wird. Diese Erklärung stammt von F. W. v. **Berg**.

Da der Lauf der Sonne am Himmel, wie wir ihn jetzt ermittelt haben, den Aequator des Himmels schneidet, so genügt er wenigstens in einer Beziehung unseren Anforderungen, um für die Ortsbestimmung der Sterne zu dienen. Da diese Ortsbestimmung aber im Grunde nur auf eine Zeitbestimmung hinausläuft, da jener feste Punkt, den wir suchten, im Wesentlichen uns nur einen festen Anfang unserer Sterntage bezeichnen sollte, so wird es gut sein, wenn wir uns zuvor um die Zeitrechnung der Sonne überhaupt etwas bekümmern.



Die Koluren.

Sie wissen, daß wir die Zeit, welche die Sonne gebraucht, um jene Bahn zu durchlaufen, ein Jahr nennen. Aber es wird Ihnen gleichgiltig erscheinen, ob wir die Zeit bis zur Rückkehr zum Frühlingspunkt oder bis zur Rückkehr zu demselben Sterne, von dem die Sonne ausging, zählen. Das ist aber keineswegs der Fall. Die letztere Zeitdauer, die der Astronom als **siderisches Jahr** bezeichnet, ist aus Ursachen, mit denen ich Sie noch heute im weitern Verlaufe unserer Unterhaltung bekannt machen werde, um ungefähr 20 Minuten 23 Sekunden länger, als die erstere, das sogenannte **tropische Jahr**. Das unsrer Zeitrechnung zu Grunde gelegte Jahr ist das **tropische**, das in mittler Sonnenzeit ausgedrückt, genau 365 Tage 5 Stunden 48 Minuten 47,5 Sekunden oder in Sternzeit ausgedrückt 366,2396 Sterntage oder Umdrehungen des Himmels umfaßt. Sie wissen ferner, daß unsre bürgerlichen Tage, wie die aller Völker, Sonnentage sind, daß aber nicht alle Völker ihre Tage von Mitternacht zu Mitternacht zählen und in 12 Tag- und 12 Nachtstunden theilen. Die Italiener zählen bis in die neueste Zeit 24 Stunden von Sonnenuntergang zu Sonnenuntergang. Da nun die Sonnenuntergänge vom kürzesten Wintertage an bekanntlich jeden Tag etwas später erfolgen, so muß eine richtig gehende italienische Uhr bis in die Mitte des Sommers beständig vorgehen, umgekehrt

zum Winter hin merklich nachgehen, und diese Abweichungen können sogar mehrere Stunden betragen. Die Astronomen dagegen zählen ihre 24 Stunden von Mittag zu Mittag und haben mittlere Sonnentage wie wir. Wenn Sie sich also in der astronomischen Uhr zurecht finden wollen, dürfen Sie nicht vergessen, daß der astronomische Tag 12 Stunden später beginnt, als der bürgerliche.

Ich mag Sie nicht damit ermüden, daß ich Sie in alle Einzelheiten der Zeitrechnung und der mathematischen Geographie einweihe; aber ich kann doch des Zusammenhanges wegen nicht unterlassen, Manches zu berühren. Sie wissen, daß von dem Laufe der Sonne am Himmel unsere Jahreszeiten und die Klimate der Erde abhängen, daß beim Eintritt der Sonne in die Nachtgleichenpunkte, wo sie also keine Abweichung zeigt und sich genau im Aequator des Himmels bewegt, auf der ganzen Erde Tag und Nacht gleich sind, daß der Eintritt der Sonne in die Solstitien dagegen, in denen sie ihre größte nördliche oder südliche Abweichung erreicht, unsere längsten oder kürzesten Tage, d. h. das längste oder kürzeste Verweilen der Sonne über dem Horizont bezeichnet. Sie wissen ferner, daß auf dem Aequator der Erde stets Tag und Nacht gleich sind, gerade wie wir die Tages- und Nachtbogen der Gestirne dort stets als gleich erkannten, während an den Polen der Erde es keine Tages- und Jahreszeiten, sondern nur einen Tag und eine Nacht giebt.

Sie wissen aus dem früher Mitgetheilten, daß wir unter den Wendekreisen diejenigen Parallelkreise der Erde verstehen, deren geographische Breite oder Abstand vom Aequator durch die Schiefe der Ekliptik = $23^0\ 27^1/_3{}'$ bezeichnet wird, und daß unter diesen Kreisen es einen Tag im Jahre geben muß, an welchem die Sonne, indem sie ihre größte Abweichung, eben jenen $23^0\ 27^1/_3{}'$ entsprechend, erreicht, genau durch das Zenith des Himmels sich bewegen muß, während für die Polarkreise der Erde, deren Abstand vom Pole durch jene Größe der Schiefe der Ekliptik bezeichnet wird, ein Tag kommen muß, wo die Sonne ihrer Abweichung wegen nicht mehr über dem Horizont heraufsteigen kann. Sie wissen endlich, und das liegt unserem Zweck schon näher, daß von dem Laufe der Sonne durch die Ekliptik, von ihrem allmählichen Fortrücken durch die Gestirne, wobei sie durch ihren Glanz ein Sternbild nach dem andern verlöscht, um andere Sternbilder aus dem nächtlichen Dunkel aufglimmen zu lassen, der Wechsel im landschaftlichen Charakter des Himmelsgewölbes bedingt ist, welchen sein Anblick im Laufe des Jahres darbietet.

So gern ich nun auch eilen möchte, unsere Vorbereitungen zu einem endlichen Abschluß zu bringen, so kann ich Ihnen noch eine kleine Abschweifung doch nicht ersparen. Sie wissen, von welcher Wichtigkeit die Uhr schon für unser gewöhnliches Leben ist, und Sie werden die Bedeutung begreifen, die sie für den Astronom haben muß, dessen Ortsbestimmungen am Himmel, wie wir gesehen haben, ja zum großen Theil auf eine Zeitbestimmung hinauslaufen. Sie werden nun freilich einwerfen, und ich gebe es Ihnen gern zu, daß wir auf einer Reise in so endlose Weiten, in denen Jahrtausende sich in Augenblicke verkürzen und der Flug des Lichtes selbst erlahmt, nicht Zeit noch Lust haben werden, uns um die Uhr zu kümmern. Aber die Uhr soll uns auch durchaus nicht an die Zeit erinnern, ihr Zeiger soll uns nur auf Erscheinungen im

Sonnenlauf hinweisen, von dem wir uns nicht genau genug unterrichten können, wenn wir uns durch ihn die feste Marke am Himmel bezeichnen lassen wollen, an welcher alle Veränderungen der Sternenwelt abgemessen werden können.

Ich habe Ihnen schon gesagt, daß unsere Uhren nach mittlerer Zeit gestellt sind. Glauben Sie etwa nicht, daß sich das so von selbst versteht und von jeher so gewesen ist. Es sind noch nicht 50 Jahre her, wo in Deutschland, und kaum 42 Jahre, wo in Frankreich noch alle Uhren nach wahrer Zeit gingen. Es würde Ihnen schwer werden, sich in jene Zeit zurück zu denken, wo oft jede Uhr eine andere Zeit zeigte, und wo der Uhrmacher die Klage über eine unrichtig gehende Uhr damit zu beschwichtigen vermochte, daß die Sonne und nicht die Uhr daran schuld sei. Freilich kann eine richtig gehende Uhr nicht mit der Sonne gehen, und der Mittag, den sie zeigt, wird nur in seltenen Fällen wirklich die Mitte des Tages sein und die Zeit zwischen Auf- und Untergang der Sonne in zwei gleiche Hälften theilen dürfen. Die Ursache liegt einfach in der Ungleichheit der Sonnentage. Ich habe Sie schon darauf aufmerksam gemacht, daß die Sonne sich nicht gleichförmig in ihrer Bahn bewegt. Die größte Geschwindigkeit zeigt sie im Januar, die geringste im Juli. Der Gedanke liegt nahe, daß diese Unterschiede in der Geschwindigkeit auch mit Unterschieden in der Entfernung zusammenhängen; denn Sie wissen ja, daß ein bewegter Gegenstand, ohne wirklich seine Geschwindigkeit zu ändern, doch in verschiedener Entfernung gesehen, scheinbar verschiedene Geschwindigkeit zeigt. In der That ist etwas Aehnliches bei der Sonne der Fall. Wenn Sie nämlich mit Hülfe eines guten Mikrometers von Tag zu Tag die Sonnenscheibe messen, so werden Sie finden, daß ihr Durchmesser fortwährenden Veränderungen unterliegt, daß er sich namentlich im Winter größer zeigt als im Sommer. Sie werden daraus leicht den Schluß ziehen, daß die Sonne sich nicht in einem Kreise, sondern in einer elliptischen Bahn bewegt, und daß die Erde nicht in der Mitte, sondern im Brennpunkt derselben stehen muß. Die beiden Endpunkte der großen Achse dieser Ellipse, in welcher die Sonne ihre größte und geringste Entfernung von der Erde erreicht, werden darum auch als Erdnähe und Erdferne oder als Perigäum und Apogäum bezeichnet.

Uebrigens ist es die Verschiedenheit der Entfernungen nicht allein, welche die Verschiedenheiten in der Geschwindigkeit des Sonnenlaufs bedingt. Es besteht nicht blos eine scheinbare, sondern auch eine wirkliche Beschleunigung und Verzögerung derselben. Sie wissen ja, daß Sie sich den scheinbaren Lauf der Sonne am Himmel in Wirklichkeit als die Wirkung einer Bewegung der Erde um die Sonne vorzustellen haben, und daß jene elliptische Gestalt der Sonnenbahn in Wirklichkeit der Erdbahn zukommt.

Wenn es nun, wie ich es Ihnen später erklären will, die Anziehung der Sonne ist, von welcher die Bewegung der Erde abhängt, so versteht es sich von selbst, daß diese Anziehung auch in größerer Nähe kräftiger wirken, den Lauf der Erde beschleunigen muß, und daß diese daher wirklich im Winter schneller auf ihrer Bahn forteilen muß als im Sommer.

Aber auch diese Ungleichheiten in der Geschwindigkeit des Sonnenlaufes bilden nicht die einzige Ursache der verschiedenen Länge der wahren Sonnentage.

Eine ganz ähnliche Wirkung, mit deren Einzelheiten ich Sie aber für jetzt nicht behelligen will, wird noch durch die Schiefe der Ekliptik hervorgerufen. Gleiche Tageslängen würde uns also nur eine Sonne gewähren können, welche sich einerseits gleichförmig in einer kreisförmigen Bahn bewegte, deren Bahnebene andererseits aber auch mit dem Aequator zusammenfiele. Da eine solche Sonne nun nicht in Wirklichkeit existirt, so hat sie der Astronom sich erdichtet, freilich nicht durch die Kraft seiner Phantasie, sondern durch die Rechnung, und diese erdichtete Sonne ist es, welche unsere mittlere Zeit bestimmt, und deren Lauf unsere heutigen Uhren folgen.

Es kann für den Astronom natürlich keine Schwierigkeit haben, den Lauf dieser beiden Sonnen miteinander zu vergleichen und danach seine Uhr zu reguliren. Den Meridiandurchgang der wahren Sonne kann er unmittelbar beobachten, den der erdichteten lehrt ihn die Rechnung finden. Er wird durch diese Vergleichung finden, daß wahre und mittlere Zeit nur viermal im Jahre genau zusammenfallen und zwar am 15. April, 15. Juni, 31. August und 25. Dezember. In den Zwischenzeiten eilt die mittlere Zeit der wahren voran vom 25. Dezember bis 15. April und vom 15. Juni bis 31. August, bleibt aber hinter ihr zurück vom 15. April bis 15. Juni und vom 31. August bis 25. Dezember. Der größte Unterschied zwischen wahrer und mittlerer Zeit findet in dem ersten Abschnitt am 11. Februar statt und erreicht 14 Minuten 34 Sek., in dem zweiten Abschnitt erreicht dieser Unterschied nur 3 Minuten 54 Sek. am 14. Mai, in der dritten Periode 6 Minuten 10 Sek. am 26. Juli, in der vierten Periode endlich steigt dieser Unterschied auf 16 Minuten 18 Sek. am 2. November. Es läßt sich natürlich für jeden Tag im Jahre diese Abweichung der wahren von der mittleren Zeit bestimmen und man nennt sie die Zeitgleichung. Die nachstehende kleine Tafel giebt mit aller für das praktische Leben nothwendigen Genauigkeit die Zeitgleichung für jeden fünften Tag des Jahres an. Man ersieht nämlich aus dieser Tafel, was eine nach mittlerer Zeit richtig gehende Uhr in dem Augenblicke zeigen muß, wenn die Sonnenuhr 12 Uhr hat, also der wahre Mittag eingetreten ist. Streng genommen hat diese Zeitgleichung nicht für jedes Jahr denselben Werth und erfordert alljährlich eine neue mühsame Berechnung, da nämlich jene Punkte der Sonnenbahn, die wir als Perigäum und Apogäum bezeichneten, und die von so bedeutendem Einfluß auf die Unregelmäßigkeiten des Sonnenlaufs sind, alljährlich ihre Lage in der Bahn etwas verändern. Wenn es also auf die größte Genauigkeit ankommt, so muß man sich der für jeden Tag des Jahres scharf berechneten Werthe der Zeitgleichung bedienen, wie sie in den astronomischen Ephemeriden angegeben sind.

Mit Hülfe dieser Tafel der Zeitgleichung, sagte ich, wird es Ihnen leicht werden, den Gang Ihrer Uhren zu reguliren. Sie haben zu diesem Zwecke zunächst den wahren Mittag, d. h. den wahren Meridiandurchgang der Sonne zu beobachten, und dazu brauchen Sie weder Fernröhre noch Meridianinstrumente. Nicht einmal eine vollständige Sonnenuhr haben Sie nöthig, obgleich auch deren Anfertigung keine große Kunst erheischt. Freilich müssen Sie sich eine genaue Kenntniß von der Richtung des Meridians verschaffen, aber dazu genügt schon die bloße Beobachtung eines Schattens, welchen die Sonne verursacht.

Tafel der Zeitgleichung.

Tag.		Mittlere Zeit im wahren Mittag. Uhr.	Min.	Tag.		Mittlere Zeit im wahren Mittag. Uhr.	Min.	Tag.		Mittlere Zeit im wahren Mittag. Uhr.	Min.
Jan.	1	12	3,8	Mai	1	11	57,0	Sept.	3	11	59,3
	6	12	6,1		6	11	56,4		8	11	57,6
	11	12	8,2		11	11	56,1		13	11	55,9
	16	12	10,1		16	11	56,1		18	11	54,1
	21	12	11,6		21	11	56,3		23	11	52,4
	26	12	12,9		26	11	56,7		28	11	50,7
	31	12	13,7		31	11	57,3				
Febr.	5	12	14,3	Juni	5	11	58,1	Okt.	3	11	49,1
	10	12	14,5		10	11	59,0		8	11	47,6
	15	12	14,4		15	12	0,1		13	11	46,3
	20	12	14,0		20	12	1,1		18	11	45,3
	25	12	13,3		25	12	2,2		23	11	44,4
					30	12	3,2		28	11	43,9
März	2	12	12,4	Juli	5	12	4,2	Nov.	2	11	43,7
	7	12	11,3		10	12	5,0		7	11	43,8
	12	12	10,0		15	12	5,6		12	11	44,3
	17	12	8,5		20	12	6,0		17	11	45,1
	22	12	7,1		25	12	6,2		22	11	46,3
	27	12	5,5		30	12	6,1		27	11	47,8
								Dez.	2	11	49,6
April	1	12	4,0	Aug.	4	12	5,8		7	11	51,6
	6	12	2,5		9	12	5,3		12	11	53,9
	11	12	1,1		14	12	4,5		17	11	56,3
	16	11	59,8		19	12	3,4		22	11	58,8
	21	11	58,7		24	12	2,2		27	12	1,3
	26	11	57,7		29	12	0,8		31	12	3,2

Ziehen Sie sich auf einer ebenen Fläche eine Anzahl konzentrischer Kreise, stellen Sie dann in den Mittelpunkt derselben einen senkrechten Stab auf, und beobachten Sie einige Stunden Vormittags den Schatten dieses Stabes. Sie werden dann finden, daß dieser Schatten sich allmählich verkürzt, daß seine Spitze einen dieser Kreise nach dem andern berührt. Bezeichnen Sie sich nun genau die Punkte, in welchen die Kreise von der Schattenspitze berührt werden, und beobachten Sie dann wieder einige Stunden Nachmittags die Augenblicke, wo der sich verlängernde Schatten des Stabes wieder mit seiner Spitze dieselben Kreise berührt. Wenn Sie sich auch diese Punkte genau bezeichnet haben, so dürfen Sie nur die Kreisbögen zwischen den zwei bezeichneten Punkten jedes dieser Kreise halbiren, und diese Halbirungslinie wird Ihnen genau die Lage des Meridians angeben. So oft dann der Schatten Ihres Stabes mit dieser Linie zusammenfällt, können Sie sicher sein, den wahren Mittag zu beobachten. Die Tafel der Zeitgleichung sagt Ihnen endlich für jeden beliebigen Tag, wie viel Minuten und Sekunden Sie zu 12 Uhr hinzuzufügen oder davon abzuziehen haben, um zu wissen, welche Zeit Ihre Uhr in dem Augenblicke des wahren Mittags zeigen muß, wenn sie genau nach mittlerer Zeit gehen soll.

Wir sind nun dem Laufe der Sonne gefolgt, soweit es für unsere Zwecke rathsam schien, und wir können uns nun zu dem letzten Gegenstande unserer vorbereitenden Betrachtung wenden, dem Gebrauche, den der Astronom von diesem Sonnenlauf für seine Ortsbestimmung der Gestirne macht. Dieser Sonnenlauf ist allerdings nicht frei von mancherlei Unregelmäßigkeiten und Veränderungen, die ich theils bereits hervorgehoben, theils vorübergehend angedeutet habe. Sie werden aber schon bemerkt haben, daß alle diese Veränderungen im Bereiche der astronomischen Beobachtung und, da auch ihr ursächlicher Zusammenhang der wissenschaftlichen Forschung nicht entzogen ist, auch im Bereiche der astronomischen Rechnung liegen. Darin liegt also kein besonderes Hinderniß. Sehen wir nun weiter zu, welcher Art eigentlich der Dienst war, den die Linie des Sonnenlaufs am Himmel leisten sollte.

Wir hatten ein Netz über das Himmelsgewölbe ausgespannt, um mit seiner Hülfe die gegenseitige Lage der einzelnen Sterne zu bestimmen. War dies uns nur ein einziges Mal gelungen, so hindert uns weder die Bewegung des Himmels im Laufe des Tages noch seine Veränderung im Laufe des Jahres, jeden Stern zu beliebiger Zeit wiederzufinden. Denn derselbe Himmel kehrt alltäglich zur selben Stunde wieder, und nur in der Sichtbarkeit wechseln die Gegenden des Himmels von Tag zu Tag. Kennen wir die Stunde des Sterntages, so kennen wir auch die Lage des Himmels. Es kommt also darauf an, für eine erste Stunde die Sternörter festzusetzen, oder mit anderen Worten, einen ersten Stundenkreis zu finden, auf den alle übrigen bezogen werden können. Wir nahmen indessen davon Abstand, den Stundenkreis irgend eines glänzenden Sternes zu diesem Zwecke zu wählen, weil wir die Befürchtung hegten, daß jede Veränderung, jede eigene Bewegung desselben sich zugleich den übrigen Sternen mittheilen müßte, und wir also darauf zu verzichten hätten, eigene Bewegungen anderer Sterne in das Bereich unserer Beobachtung zu ziehen. Wir hatten vielmehr die Absicht, einen Punkt außerhalb jener Sternenwelt zu suchen, der, wenn auch selbst vielleicht nicht ganz unveränderlich, doch seine Veränderungen immer nur gleichmäßig auf die Gesammtheit der Sterne übertragen könne. Sollte uns auch das nicht gelungen sein, so wird doch auf diese Weise die Wahl unseres festen Punktes vor dem übeln Schein der Willkür und Zufälligkeit bewahrt, und das ist in der That der Gesichtspunkt, durch den die Astronomen in ihrer Wahl bestimmt worden sind. Eine Einigung über die Wahl eines Sternes als Anfangspunkt der Stundenkreise wäre kaum vorauszusehen gewesen, und so mußte man von früh auf darauf denken, irgend einen astronomisch ausgezeichneten Punkt des Aequators zu diesem Zwecke auszuwählen. Ein solcher Punkt hat sich uns nun durch den Durchschnitt jener scheinbaren Bahn der Sonne, der Ekliptik, mit dem Himmelsäquator ergeben. Der Kolur der Nachtgleichen soll unser erster Stundenkreis sein, der Frühlingsnachtgleichenpunkt aber soll uns jenen festen Punkt abgeben, auf welchen wir die Stundenkreise der Sterne beziehen wollen, nämlich den Anfangspunkt der Rektascensionen. Es wird also jetzt vorzugsweise nur darauf ankommen, daß wir im Stande sind, mit großer Genauigkeit sowol die Lage dieses Punktes als den Augenblick zu bestimmen, in welchem der Mittelpunkt der Sonne ihn passirt.

Der Frühlingspunkt ist nun freilich noch weniger als der Pol des Himmels durch einen glänzenden Stern bezeichnet, und nur annähernd finden wir seine Richtung, wenn wir eine gerade Linie vom Polarstern durch den westlichen Hauptstern der Kassiopeja ziehen. Diese Linie führt uns auf eine sehr sternenarme Gegend des Himmels im Sternbilde der Fische. Genauer wird uns seine Lage durch den Lauf der Sonne bezeichnet. Um zunächst den Zeitpunkt zu erhalten, in welchem die Sonne durch den Frühlingspunkt geht, bedarf es nichts weiter, als daß man an zwei Mittagen vor und nach diesem Durchgang die Höhe der Sonne im Meridian mißt.



Sternbild der Fische mit dem Frühlingspunkt.

Nehmen wir den Fall an, man finde etwa durch eine solche Beobachtung am Meridiankreise, daß der Sonnenmittelpunkt am Mittag des 20. März noch eine gewisse Zahl von Minuten und Sekunden südlich vom Aequator stand, also noch eine kleine südliche Deklination hatte, und beobachtet man dann am Mittag des 21. März eine kleine nördliche Deklination der Sonne, so kann man daraus zugleich die Zahl der Minuten und Sekunden ableiten, um welche die Deklination von einem Mittag zum anderen zugenommen hat.

Aus dem Verhältniß der Deklination des einen Mittags zu dieser gesammten Zunahme läßt sich aber sehr leicht die Zeit berechnen, welche die Sonne gebraucht hat, um jene kleine Strecke bis zum Aequator zurückzulegen. Hat man aber die Zeit für den Durchgang der Sonne durch den Frühlingspunkt gefunden, so läßt sich auch der Ort des letzteren leicht bestimmen. Man hat nur außer dem Meridiandurchgange der Sonne an jenem 20. März auch den irgend eines Fixsterns zu beobachten.

Fiele in dem letzterwähnten Falle die Kulmination der Sonne genau mit ihrem Durchgange durch den Frühlingspunkt zusammen, so entspräche die Zeit, welche zwischen der Kulmination der Sonne und der des Fixsterns verstrichen ist, genau der Rektascension des letzteren. Ist dies aber nicht der Fall, so muß man diese Rektascension noch um diejenige Zahl von Minuten und Sekunden verringern, um welche sich die Rektascension der Sonne bis zu ihrem Durchgange durch den Frühlingspunkt vergrößert hat. Diese Zunahme erfährt man aber sehr leicht, wenn man den Meridiandurchgang jenes Sternes auch am folgenden Tage noch beobachtet. Er wird dann um einige Zeit später eintreten, und das ist die Zeit, um welche die Rektascension der Sonne von einem Mittag zum andern zugenommen hat. Es ist also leicht, daraus auch die Zunahme innerhalb der Zeit bis zur Erreichung des Frühlingspunktes zu berechnen. Die Rektascension des Fixsternes giebt aber die Lage des Frühlingspunktes für das betreffende Jahr an, d. h. den Winkel, welchen der Kolur der Nachtgleichen mit dem Stundenkreise jenes Sternes bildet. Ist die Lage des Frühlingspunktes und sein Meridiandurchgang aber einmal bestimmt, und hat man eine genau gehende Sternuhr einmal so gestellt, daß ihre erste Stunde mit jenem Meridiandurchgange beginnt, so bedarf es nur noch eines Blickes auf die Uhr, um die Rektascension eines kulminirenden Sternes zu messen.

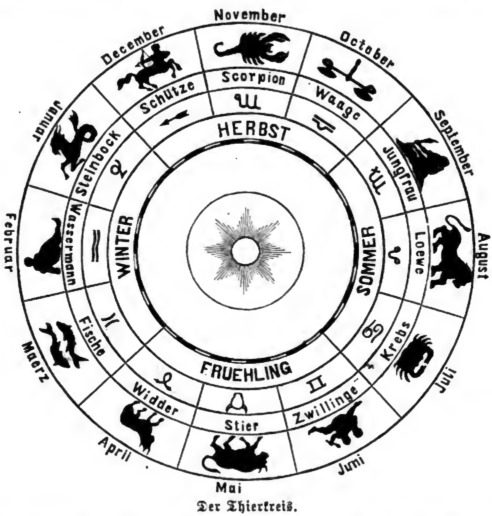
Sie sehen freilich, daß wir bei der Ortsbestimmung des Frühlingspunktes uns der Hülfe eines Fixsternes nicht ganz haben entschlagen können, daß also die möglichen Veränderungen, welche ein solcher erleiden kann, an dieser haften bleiben. Dennoch dürfen Sie bei der Kleinheit dieser Veränderungen für die Sicherheit unserer Ortsbestimmungen am Himmel völlig unbesorgt sein, wofern jene Bestimmung des Frühlingspunktes nicht für eine allzulange Zeit Geltung behaupten soll. Wohl aber können Zweifel gegen die Festigkeit unseres Anfangspunkts von anderer Seite drohen. Es fragt sich, ob die Lage der Sonnenbahn selbst am Himmel so unveränderlich ist, ob die Ekliptik den Aequator auch wirklich immer an demselben Punkte schneidet. Dieser Zweifel ist, wie Sie sehen werden, in der That begründet genug.

In alter Zeit pflegte man den Lauf der Sonne am Himmel durch die Sternbilder zu bezeichnen, durch welche sie fortschreitet, und gab daher jener Region des Himmels den Namen des Thierkreises oder Zodiakus. Man betrachtete diese zwölf Sternbilder gleichsam als Häuser, in welche die Sonne nach und nach eintrat, und ihre Bezeichnung stand in innigem Zusammenhange mit den Jahreszeiten und den davon abhängigen Beschäftigungen des bürgerlichen Lebens. Der Frühlingspunkt lag zur Zeit der alten Griechen und Aegypter im Sternbild des Widders, der Herbstpunkt in dem der Wage; jenes Bild deutete auf das Austreiben der Herden im Frühling, dieses auf die Gleichheit von Tag und Nacht. Bis auf den heutigen Tag haben sich jene Zeichen der Alten erhalten, nur haben sie ihre symbolische Bedeutung mit einer mathematischen vertauscht. Man theilt jetzt den ganzen Thierkreis in 12 gleiche Theile, für die man den Namen jener alten Sternbilder entlehnt hat, und jedes dieser sogenannten Himmelszeichen umfaßt genau 30 Grade. Man läßt noch heute den astronomischen Frühling mit dem Eintritt der Sonne in das Zeichen der Wage beginnen;

man läßt die Sterne auch heute ihren höchsten Stand am Himmel im Zeichen des Krebses, ihren niedrigsten im Zeichen des Steinbocks erreichen. In ihrer Aufeinanderfolge, wie sie die Sonne durchwandert, sind diese Zeichen folgende:

♈ Widder, ♉ Stier, ♊ Zwillinge, ♋ Krebs, ♌ Löwe, ♍ Jungfrau,
♎ Wage, ♏ Skorpion, ♐ Schütze, ♑ Steinbock, ♒ Wassermann, ♓ Fische.

Diese Zeichen fallen aber keineswegs mehr mit den alten Sternbildern zusammen, die ich Ihnen unter denselben Namen am Himmel zeigte. Der Frühlingspunkt liegt nicht mehr im Sternbilde des Widders, wie zur Zeit Hippard's vor 2000 Jahren, sondern im Sternbilde der Fische; der Herbstpunkt liegt nicht mehr im Sternbild der Wage, sondern in dem der Jungfrau. Ja es hat eine Zeit gegeben, und der symbolische Sinn der Benennungen mancher Thierkreisbilder deutet noch darauf hin, wo der Frühlingspunkt im Sternbilde des Stieres lag, welches darum das erste im Thierkreis der Aegypter und Assyrer war.



Der Thierkreis.

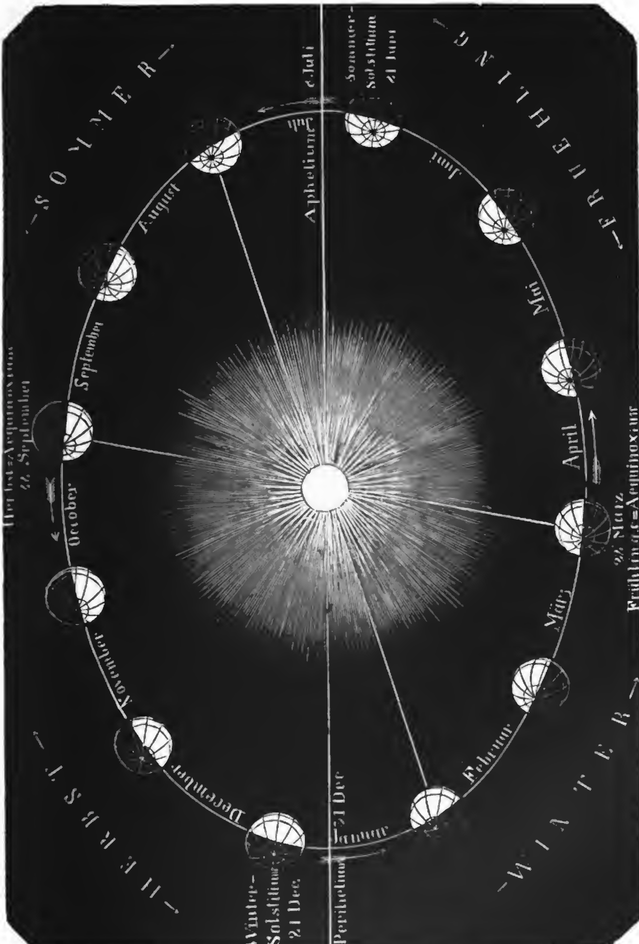
Diese eigenthümliche Erscheinung, zufolge welcher der Frühlingspunkt sich im Laufe von 2000 Jahren allmählich um ein ganzes Zeichen, also um 30 Grade von Osten nach Westen in der Ekliptik verschoben hat, nennt man, je nachdem man sie auf den Aequator oder auf die Ekliptik bezieht, das Vorrücken (die Präzession) oder das Zurückweichen der Nachtgleichen.

Sie ward schon von Hippard entdeckt, als dieser größte astronomische Beobachter des Alterthums zur Aufstellung eines Sternenverzeichnisses die Oerter von Fixsternen neu bestimmte und seine Resultate mit den früheren Beobachtungen von Timocharis und Aristyllus verglich. Er fand dabei, daß die Längen der

Fixsterne in der Zwischenzeit jährlich um 50 Sekunden zugenommen hatten, während die Breiten unverändert geblieben waren. Sehr richtig schloß Hipparch aus der gleichen Größe der Längenzunahme für alle Sterne, daß die Ursache derselben in den einzelnen Gestirnen, sondern in der Lage des Frühlingspunktes zu suchen sei, der jährlich um den Betrag von 50 Sekunden von Ost nach West, also gegen die Ordnung der Zeichen des Thierkreises, zurückschreite. Da ferner die Breiten der Sterne unverändert bleiben, so ist einleuchtend, daß die Ekliptik ihre Lage nicht verändert; jene Zunahme der Längen der Fixsterne muß demnach durch das Rückwärtsgehen des Aequators auf der Ebene der Ekliptik entstehen.

Es ist klar, daß infolge der Präzession der Frühlingspunkt nach und nach durch alle Sternbilder des Thierkreises wandern muß und während er beispielsweise vor 4000 Jahren in den Hyaden des Stieres lag, wird er nach 4000 Jahren im Steinbock sein u. s. w. Die Bewegung des Aequators auf der Ekliptik, von der ich hier spreche, hat aber noch eine andere Bewegung zur Folge, nämlich eine Umdrehung der Pole des Himmelsäquators um die Pole der Ekliptik. Man kann sich hiervon leicht an einem Himmelsglobus überzeugen, wenn man an Stelle des Aequators einen beweglichen Reifen anbringt und diesen mit einem senkrecht darauf stehenden Viertelkreise versieht, dessen freier Endpunkt den Pol des Aequators bezeichnet. Diese langsame Umdrehung des Pols des Aequators um den Pol der Ekliptik am Himmel, welche man auch als das **platonische Weltjahr** bezeichnet, ist die Ursache, daß unser heutiger Polarstern diesen Namen nicht für alle Zeiten tragen wird. Im Jahre 2700 vor Chr. lag der nördliche Himmelspol bei α im Drachen, dann näherte er sich mehr und mehr α im kleinen Bären (dem heutigen Polarsterne) und wird im Jahre 2120 seine größte Annäherung an diesen Stern erreicht haben. Von dieser Zeit an entfernt sich der Pol wieder von dem genannten Sterne und tritt in die Konstellation des Cepheus, sodaß 4100 Jahre nach Chr. γ im Cepheus Polarstern ist. Hierauf wird der Stern α derselben Konstellation, und nach weiteren Jahrtausenden α im Schwan und Wega in der Leyer Anspruch auf den Namen Polarstern haben. Der südliche Himmelspol befindet sich gegenwärtig in einer öden, sternenarmen Gegend des Himmels; aber auch er wird nach vielen Jahrtausenden einen hellen Polarstern erhalten, und zwar Canopus, nach dem Sirius der hellste Fixstern des Himmels. Die Dauer eines Umschwungs der Pole des Aequators um diejenigen der Ekliptik beträgt nahezu 25,800 Jahre.

Infolge der rückgängigen Bewegung der Aequinoktien gebraucht die Sonne nicht so viel Zeit, um wieder zum Frühlingspunkte zu gelangen, als sie bedarf, um einen bestimmten Fixstern zu erreichen, weil der Frühlingspunkt ihr ja eine kleine Strecke Weges entgegen kommt. Die Zeit, welche verfließt, bis die Sonne, vom Frühlingspunkte ausgehend, wiederum diesen Punkt erreicht, wird das **tropische Jahr** genannt, und sie ist um so viel kürzer als das **siderische Jahr**, d. h. die Rückkehr der Sonne zum selbigen Fixsterne, als die Sonne an Zeit gebraucht, um den Bogen von $50\frac{1}{4}$ Sekunden zu durchlaufen, also um 20 Minuten 23 Sekunden. Infolge verschiedener Umstände, die wir später näher berühren werden, ist die Länge des tropischen Jahres kleinen Schwankungen unterworfen; gegenwärtig nimmt sie um $\frac{6}{1000}$ Sekunden jährlich ab.



Die Bahn der Erde um die Sonne und die Jahreszeiten.

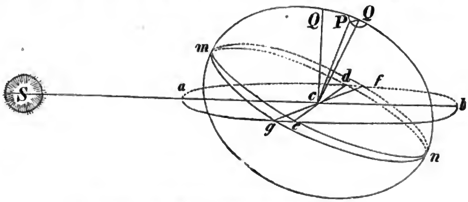
Die mittlere Dauer des tropischen Jahres beträgt 365 Tage 5 Stunden 48 Minuten 45 Sekunden. Die Entdeckung Hipparchs trug vielleicht nicht wenig dazu bei, den alten Glauben an das krystallene Himmelsgewölbe zu erschüttern. Aber auch unser Glaube an die Festigkeit und Sicherheit unserer Ortsbestimmungen am Himmel scheint damit erschüttert, und die Kenntniß des ursächlichen Zusammenhanges, durch welche diese Erscheinung in den Bereich der Rechnung gebracht wird, kann allein im Stande sein, uns die Ruhe am Himmel wieder zu geben. Denn Unsicherheit würde uns auf unserer Wanderung durch den Himmel ebenso gefährlich werden, wie eine schlechte Karte dem Schiffer auf offener See, und das leiseste Schwanken jenes Ruhepunktes unserer Beobachtungen würde für uns ein Irrlicht werden, wie es den Wanderer in Sümpfe lockt. Wer die Geheimnisse der Weltenordnung ergründen und den verschlungenen Pfaden der Sterne folgen will, der muß gewiß sein, daß auch die geringste Veränderung in der Stellung der Welten seinen Beobachtungen und Messungen nicht entgehen kann.

Um Ihnen den ursächlichen Zusammenhang jener bedeutsamen Erscheinung des Vorrückens der Nachtgleichen erklären zu können, muß ich Sie zuvor bitten, den Schein mit der Wirklichkeit zu vertauschen, d. h. an die Stelle des scheinbaren Laufes der Sonne am Himmel die wirkliche Bewegung der Erde in ihrer elliptischen Bahn um die Sonne zu setzen. Sie werden dadurch keine wesentliche Verwandlung in Ihren Vorstellungen erfahren. Die Ungleichheiten der Geschwindigkeit, die Unterschiede der Entfernungen, die Einwirkungen auf die Jahreszeiten werden dieselben bleiben. Nur werden Sie manche Namen vertauschen, an die Stelle des Apogäums und Perigäums z. B. die des Apheliums und Periheliums, der Sonnenferne und Sonnennähe, zu setzen und die Schiefe der Ekliptik als eine geneigte Stellung der Erdaxe gegen die Ebene der Erdbahn aufzufassen haben. Daß die verschiedene Stellung der Sonne am Himmel nur eine Wirkung der verschiedenen Stellung der Erde in ihrer Bahn, gleichsam eine Verrückung ihres Standpunktes, den die Erde mit sich trägt, ist, das gehört ja gegenwärtig zu den Alltagsüberzeugungen. Wollen Sie sich aber nicht damit begnügen, verlangen Sie durchaus in wissenschaftlicher Zweifelsucht Beweise für diese Lehre, so verspreche ich Ihnen noch im Laufe unserer heutigen Unterhaltung Beweise von unwiderstehlicher Kraft zu verschaffen.

Da die Veränderung, welche sich bei dem Vorrücken der Nachtgleichen zeigt, offenbar nur den Aequator und die Ekliptik angeht, also Linien, welche erst von der Erde auf den Himmel übertragen und durch die Bewegungen der Erde um ihre Axe und auf ihrer Bahn um die Sonne hervorgerufen wurden, so liegt es nahe, auch ihre Ursache nur in dieser Bewegung der Erde, d. h. in den Wechselbeziehungen zwischen Sonne und Erde zu suchen. Die einfachste und erste Kraft, welche hier thätig ist, wie überall, soweit die Materie reicht, ist die, welche wir als Schwere zu bezeichnen pflegen, d. h. die gegenseitige Anziehung aller Körpertheile je nach ihrer Entfernung. Diese Kraft nun ist es, mit welcher die Sonne so mächtig auf unsere Erde wirkt, und mit welcher sie natürlich die ihr zugewandten Theile der Erdoberfläche stärker anzieht als den Mittelpunkt, diesen wieder viel stärker als die entfernteren Theile der abgewandten Erdhälfte. Die Gesammtwirkung der Sonnenanziehung können wir also einfach dahin bezeichnen,

daß die Sonne die nächstliegenden Theile der Erde zu sich hinzuziehen, die entferntesten von sich abzustoßen sucht, wobei, wohlverstanden, die Abstoßung nur in einer überwiegenden Anziehung der zugewandten Erdhälfte und dadurch angestrebten Trennung derselben von der entfernteren Erdhälfte besteht.

Wäre die Erde eine Kugel, so würde die Folge dieser Anziehung nichts weiter als die bekannte Erscheinung der Ebbe und Flut sein. Aber die Erde ist eine an den Polen abgeplattete Kugel, ein orangenförmiges Sphäroid, und ihr Aequator befindet sich überdies wegen der geneigten Stellung der Axe zur Ekliptik, außer in den Nachtgleichen, niemals in einer Ebene mit der Sonne. Die Wirkung der Sonnenanziehung wird dadurch eine ganz andere. Denken Sie sich (s. d. Figur) die Erde zur Zeit ihrer Wintersonnenwende, den Nordpol von der Sonne abgewandt, den Aequator, ihre Anschwellung, gleichsam über ihre Bahnebene erhoben. Die Sonne zieht offenbar diese Anschwellung stärker an als den Mittelpunkt und sucht ihn geradezu in die Bahnebene herabzuziehen. In der That müßte der Aequator allmählich mit der Ekliptik zusammenfallen, die Erdaxe sich senkrecht auf die Bahn stellen, wenn die Umdrehung der Erde es nicht verhinderte.



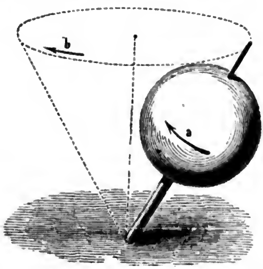
Wirkung der Sonnenanziehung auf die Erde.

Diese Umdrehung behauptet aber die Richtung ihrer Axe unveränderlich, ähnlich einem tanzenden Kreisel auf einem Tische, den wir bald nach der einen, bald nach der anderen Seite neigen. Die Umdrehung der Erde entzieht also den Aequator der Anziehungskraft der Sonne, und so beschränkt sich die ganze Wirkung der letzteren darauf, jeden Punkt des Aequators etwas früher zum Durchschneiden der Ekliptik zu bringen, als es ohne sie geschehen wäre. Da nun dasselbe auch zur Zeit der Sommersonnenwende und überhaupt zu jeder Zeit, wenn auch schwächer, nur nicht in den Nachtgleichen, wo die Ebene des Erdäquators durch die Sonne geht, geschieht, so ist jene langsame Bewegung des Durchschnittspunktes des Erdäquators mit der Ebene der Ekliptik in einer der Umdrehung entgegengesetzten Richtung, die wir eben als das Vorrücken der Nachtgleichen bezeichneten, die unausbleibliche Folge.

Aehnlich wie die Sonne, nur noch ungleich kräftiger, wirkt der Mond auf das Vorrücken der Nachtgleichen ein. Zwar beträgt seine Masse kaum $^1/_{25,000,000}$ der Sonnenmasse, zwar vermag selbst seine 400 Mal größere Nähe die Gesammtanziehung nur auf $^1/_{120}$ von der der Sonne zu erheben; aber was vorzugsweise das Vorrücken der Nachtgleichen bewirkte, das war ja nicht die Größe der Gesammtanziehung, sondern der Unterschied zwischen den Anziehungen auf die nächsten und fernsten Theile der Erde, auf Oberfläche und Mittelpunkt. Dieser Unterschied wächst bei dem geringen Abstande des Mondes von der Erde und dem dadurch verkleinerten Verhältnisse zwischen diesem Abstande und dem

Durchmesser der Erde, das fast = 50 : 1 ist, auf $1/_{30}$ der ganzen Anziehung des Mondes; während es bei der Sonne, deren Abstand von der Erde zu ihrem Durchmesser sich fast wie 24,000 : 1 verhält, ungefähr $1/_{12,000}$ der ganzen Sonnenanziehung beträgt. Wenn also die gesammte Anziehung des Mondes auch nur $1/_{120}$ von derjenigen der Sonne ausmacht, so übertrifft doch die Wirkung des hier allein in Betracht kommenden Theiles derselben und damit der Einfluß der Mondanziehung auf das Vorrücken der Nachtgleichen mehr als drei Mal die Wirkung der Sonne.

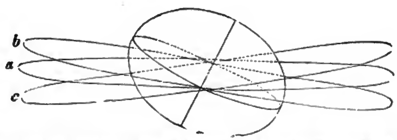
Sie werden sich nun die Folgen dieser so natürlichen und doch so überraschenden Erscheinung klar machen können. Wegen der Axendrehung der Erde ist weder die Neigung der Erdaxe noch die des Aequators einer Veränderung unterworfen. Sie müssen es sich vielmehr so vorstellen, als ob der Aequator parallel mit sich selbst auf der Ekliptik fortgeschoben werde, als ob die Erdaxe gleich einem wandernden Kreisel sich um den Pol der Ekliptik herumdrehe. Nun ist aber der Himmelsäquator nur die erweiterte Ebene des Erdäquators und der Himmelspol nur die verlängerte Richtung der Erdaxe. Alle jene Bewegungen und Veränderungen werden sich darum auch am Himmel spiegeln. Der Himmelsäquator wird die Lage seiner Ebene und seiner Durchschnittspunkte mit der Ekliptik verändern, und mit dem ersten Punkte des Aequators, dem Frühlingspunkt, werden sich auch alle Abstände der Stundenkreise der Sterne, alle geraden Aufsteigungen ändern. Die Sonne wird in ihrem jährlichen Laufe den Frühlingspunkt etwas eher erreichen, als sie zu demselben Fixstern zurückkehrt, und das tropische Jahr darum etwas kürzer werden als das siderische, welches die alten Aegypter ihrer Zeitrechnung zu Grunde legten. Auch der Pol des Himmels wird von Jahr zu Jahr ein anderer werden, und damit werden auch die Polabstände und Deklinationen der Sterne ab- und zunehmen. Freilich sind diese Veränderungen für unser gewöhnliches Maß außerordentlich klein. Die jährliche Bewegung des Frühlingspunktes beträgt ja nur etwa 50 Sekunden, und ein Zeitraum von 26,000 Jahren ist erforderlich, damit er den ganzen Lauf durch die Ekliptik vollendet. Die Zeit freilich macht auch das Kleine bedeutungsvoll. Allerdings ist der Gesammtanblick des Himmels ein unwandelbarer; der Stier, der dort im Nordosten aufgeht, mit seinen Hyaden und Plejaden, glänzte uns in der Kindheit eben so freundlich, und die Capella über ihm strahlte den Griechen vor zwei Jahrtausenden eben so hell als heute. Aber vor 4500 Jahren noch bezeichnete jener helle Stern im Drachen den Pol des Himmels, und unser Polarstern, der heute nur $1^1/_2$ Grad, vor 100 Jahren noch um mehr als zwei Grade vom Pole entfernt war, wird in späteren Jahrtausenden der funkelnden Wega weichen. Zu anderen Zeiten werden dann die Sternbilder auf- und untergehen, wie einst den Aegyptern



Kreiselbewegung.

der Sirius alljährlich später aus den Strahlen der Morgensonne auftauchte. Wenn also einst die heilige Ziege des Jupiter, die Capella, auf die dunkelwogende Flut und die wilden Winterstürme des Schwarzen Meeres niederschaute, wenn man einst den Hyaden den Namen der Regensterne verlieh, weil man ihr Erscheinen am dämmernden Abendhimmel als regenbringend kennen gelernt hatte; so würde ein Naturvolk, wie das griechische, heute dieselben Deutungen auf ganz andere Gestirne, vielleicht auf Perseus und den Widder, übertragen müssen. Mit jener Aenderung des Himmels, die wir als Vorrücken der Nachtgleichen bezeichneten, haben also die Sterne selbst ihre Bedeutung für den Menschen gewechselt.

Vergegenwärtigen wir uns noch einmal das Wesen jener Erscheinung. Es bestand in einer allmählichen Verschiebung des Erdäquators in der Ebene der Ekliptik oder, was dasselbe ist, in einer mit der Bewegung eines tanzenden Kreisels zu vergleichenden Drehung der Erdaxe. Der kleine Kreis, den der Himmelspol im Laufe der Jahrtausende beschreibt, die kleinen Veränderungen, welche die Abstände der Sterne vom Pol und vom Frühlingspunkt erleiden, sind nur die verkleinerten Abbilder dieser irdischen Veränderungen. So einfach sich also diese Erscheinung uns jetzt darstellt, so droht sie doch bei gründlicherer Forschung sich abermals zu verwirren.



Wirkung der veränderlichen Neigung der Mondbahn auf die Erde.

Wenn die Einwirkung der Sonne vorzugsweise zur Zeit der Winter- und Sommersonnenwende jene Bewegung des Aequators und der Erdaxe hervorbrachte, so war es ganz gleichgiltig, welcher von beiden Polen der Sonne zugekehrt war, da die Einwirkung der Sonne lediglich dahin zielt, die gleiche Bewegung der Axe in gleicher Richtung zu erzeugen. Zur Zeit der Nachtgleichen dagegen, wo keiner der Pole der Sonne zugekehrt ist, kann auch die Anziehungskraft der Sonne kein Vorrücken der Nachtgleichen bewirken.

Die ganze Bewegung der vorrückenden Nachtgleichen muß sich daher sehr ungleich auf die Zeiten des Jahres vertheilen, in den Sommer- und Wintermonaten viel schneller erfolgen, als in den dazwischen liegenden, und diese Unregelmäßigkeit in der Erscheinung ist es, die der Astronom das Wanken oder die Nutation der Erdaxe nennt.

Viel bedeutender wird diese Unregelmäßigkeit noch in demjenigen Theile der Erscheinung, welcher von der Anziehungskraft des Mondes ausgeht. Von ganz besonderem Einfluß ist hier die veränderliche Neigung der Mondbahn gegen die Ebene des Erdäquators. Der Mond bewegt sich nämlich nicht in der Ebene der Ekliptik, sondern in einer gegen dieselbe geneigten Bahn. Durch die ungleichförmige Anziehung der Sonne gegen Erde und Mond wird in Betreff dieser Bahn eine ähnliche Erscheinung hervorgerufen, wie wir sie in dem Vorrücken der Nachtgleichen für den Erdäquator kennen lernten, d. h. der Durchschnittspunkt

der Mondbahn mit der Ekliptik bewegt sich rückwärts in der letzteren so, daß er in $18^2/_3$ Jahren einen ganzen Umlauf vollendet.

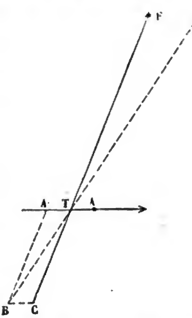
Die Folge davon ist, daß in der einen Hälfte dieser Zeit die Mondbahn mehr, in der anderen weniger gegen den Erdäquator geneigt ist, einmal sich der Lage c (s. d. Figur S. 115), das andere Mal der Lage b nähert. Eine weitere Folge davon ist, daß in der einen Zeit die Anziehungskraft des Mondes den Erdäquator in geringerem Grade zur Ekliptik hinabzuziehen vermag, als in der anderen, daß das dadurch bewirkte Vorrücken der Nachtgleichen also bald langsamer, bald rascher erfolgt. So muß sich also alle $18^2/_3$ Jahre in der Bewegung des Erdäquators wie in ihren Folgen, den Veränderungen des Poles und der geraden Aufsteigungen und Polabstände der Sterne, eine Reihe bedeutender Unregelmäßigkeiten zeigen, und dieses mehr als 18 Sekunden umfassende unregelmäßige Hin- und Herwanken des Poles nennt man die lunare Nutation. Die Nutation, das Wanken der Erdaxe, hat sich zuerst gelegentlich der genauen Beobachtungen von Bradley gezeigt; ihre Größe ist nicht bedeutend, denn die sogenannte Nutationskonstante beträgt nach den neuesten und besten Untersuchungen 9,2376 Sekunden.

Es sind aber die Wirkungen jener Kraft, mit welcher Sonne und Mond unsere Erde auf ihrer Bahn herüber und hinüberziehen, nicht die einzigen Störungen, denen der Astronom in der Ortsbestimmung der Gestirne begegnet; jene kleine Reise selbst, die wir alljährlich mit unserer Erde durch den Weltraum machen, hinterläßt sichtliche Spuren am Himmel. Sie werden es bei irdischen Gegenständen begreiflich finden, daß ihre Beobachtung durch die Bewegung des Beobachters beeinträchtigt wird. Aber Sie werden Bedenken tragen, bei der ungeheuren Entfernung der Fixsterne auch für diese solche Störungen für möglich zu halten. Sie haben ganz Recht, das Verhältniß ist hier in der That ein ganz anderes bei aller Aehnlichkeit des äußeren Erfolges; es kommt hier eine Erscheinung ins Spiel, von der Sie vielleicht noch keine Ahnung haben.

Wenn Sie einmal unterwegs von einem heftigen Platzregen überfallen wurden, so haben Sie vielleicht die Bemerkung gemacht, daß, wenn Sie einen Augenblick stehen blieben, die großen Regentropfen völlig senkrecht fielen, sobald Sie aber vorwärts eilten, dieselben Ihnen entgegen zu kommen schienen. Am deutlichsten bemerkt man dies, wenn man in einem Eisenbahnwaggon fährt. Solange der Zug stille steht, fallen die Regentropfen senkrecht herab, setzt er sich aber in Bewegung, so scheinen sie uns schräg entgegen zu kommen. Sie werden fragen, was diese triviale Bemerkung mit den Sternen zu thun habe. Mag sich auch die Erde, sagen Sie, vorwärts bewegen, die Sterne fallen doch nicht. Freilich fallen die Sterne nicht, aber das Licht, das sie uns sichtbar macht, fällt oder bewegt sich wenigstens geradlinig mit einer gewissen Geschwindigkeit von den Sternen zur Erde. Wird also durch das Zusammentreffen dieser beiden Bewegungen, der Erde und des Lichtstrahls, für den Lichtstrahl eine ähnliche Ablenkung bewirkt, wie für den Regentropfen, so muß, da wir gewohnt sind, stets in der Richtung des Lichtstrahls auch seine Quelle zu suchen, in der That eine scheinbare Ablenkung des Sternes von seinem wirklichen Orte am Himmel die Folge davon sein. Betrachten Sie die Figur S. 117: das Auge des

Beobachters in T befindet sich in Ruhe und es wird nun den Stern E in seiner wahren Richtung TE erblicken. Sobald sich aber der Beobachter gegen TA bewegt, wird sich diese Bewegung mit derjenigen des Lichtstrahls kombiniren. Um die hierdurch entstehende scheinbare Ablenkung desselben zu finden, brauchen Sie blos nach den Regeln der elementaren Mechanik das Parallelogramm TABC zu konstruiren, in welchem TC die Geschwindigkeit des Lichtstrahls in der Sekunde, BC die Geschwindigkeit der Erde in derselben Zeit ist. Die Diagonale BTe giebt dann die Richtung des Lichtstrahls und ETe ist der Winkel der scheinbaren Ablenkung des Sternes von seinem wahren Orte oder der sogenannte Aberrationswinkel.

Der englische Astronom Bradley war es, der vor etwa 133 Jahren die Entdeckung einer solchen Lichtabirrung an den Sternen machte, und ein unscheinbarer Zufall war es, der durch eine Gedankenverknüpfung, wie sie bei großen, scharfen Denkern häufig auftritt, ihn auf die Erklärung des natürlichen Zusammenhanges dieser Erscheinung führte. Er ließ sich einst auf der Themse in einem Boote rudern, welches einen kleinen Mast mit einer Fahne an der Spitze führte. Unterwegs ließ er einmal anhalten, um aus der Stellung der Fahne die Richtung des Windes zu erfahren. In dem Augenblicke, wo die Leute wieder mit ihren Rudern zu ziehen anfingen, bemerkte er, daß sich sofort die Stellung der Fahne änderte. Er fragte die Bootsleute nach der Ursache dieser Erscheinung und erhielt zur Antwort, daß sie das wol schon hundertmal bemerkt hätten, daß aber doch weiter nichts daran sei. Bradley aber dachte nach und fand, daß doch etwas daran sei. Die Theorie der Lichtabirrung, eines der wichtigsten Förderungsmittel der heutigen Astronomie, war die Frucht dieses Nachdenkens.



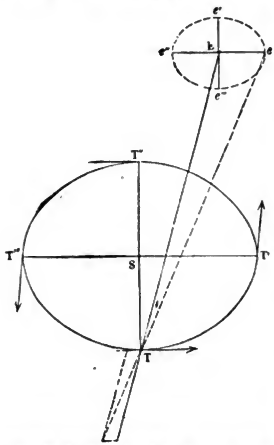
Ablenkung des Lichtes.

Während die Erde durch ihre Bahn wandelt, wird das Licht der Sterne in der That gerade ebenso wie die Fahne auf Bradley's Boote abgelenkt. Die Figur (Seite 118) zeigt für die vier Bogen T T' T'' T''' der Erde in ihrer Bahn die entsprechenden Abirrungen e e' e'' e''' des Sternes E. In welcher Richtung sich die Erde auch bewegen mag, immer wird der scheinbare Ort eines Sternes, nach welchem wir schauen, nach der Richtung, in welcher die Erde sich bewegt, verrückt. Der jährliche Lauf der Erde prägt gleichsam sein kleines Abbild im scheinbaren Laufe jedes Sternes am Himmel aus, in Gestalt eines kleinen Kreises oder vielmehr einer kleinen, der Erdbahn gleichenden Ellipse. Dieser Kreis, den jeder Stern am Himmel alljährlich beschreibt, ist freilich sehr klein; sein Durchmesser beträgt kaum etwas über 40 Sekunden. Aber groß genug ist er immer noch, um den feinen Beobachtungsmitteln des Astronomen nicht zu entgehen, und diese Beobachtung hat die Lichtabirrung längst zur Thatsache erhoben.

Das Kleine am Himmel wächst durch seine Bedeutung zu gewaltig Großem heran. In diesen kleinen Ortsveränderungen der Sterne haben Sie den

versprochenen unumstößlichen Beweis für die Bewegung der Erde; durch sie ist die Hypothese der alten Astronomie zur absoluten Wahrheit erhoben. In diesen kleinen Veränderungen haben Sie sogar ein Mittel, die Geschwindigkeit des Lichts zu messen, indem Sie dieselbe mit der Geschwindigkeit der Erde vergleichen. Der Astronom kann mit der größten Sicherheit daraus schließen, daß die Geschwindigkeit des Lichts mindestens 10,000 Mal so groß ist, als die Geschwindigkeit der Erde, daß sie 40,000 Meilen in der Sekunde beträgt.

Jetzt endlich, nachdem wir alle diese kleinen Veränderungen am Himmel, das Vorrücken der Nachtgleichen, das Schwanken der Erdaxe und die Lichtabirrung in das Bereich der astronomischen Beobachtung und Berechnung gebracht haben, jetzt endlich haben wir eine feste Stellung gewonnen, oder vielmehr, was dasselbe sagen will, eine genaue Kenntniß der unbewußten Veränderungen unserer eigenen Stellung und damit die Möglichkeit erlangt, ihre störenden Einflüsse aus der Beobachtung wirklicher Bewegungen am Himmel zu entfernen. Jetzt endlich können wir mit ruhiger Zuversicht in den ewigen, unwandelbaren Himmel hinausschreiten, seine Reiche durchmessen, seine Ordnung erforschen, seine Bewegungen, seine Gesetze, seine Kräfte ergründen. Jetzt endlich sind Sie zur Reise gerüstet. Sie haben sehen, haben beobachten gelernt, haben gelernt, in der Beobachtung den Schein vom Wesen zu trennen. Sie haben es gelernt, ein starres Bild in eine lebendig bewegte Landschaft umzuwandeln, und Sie haben bereits die Erfahrung gemacht, daß in der Beobachtung von Veränderungen das eigentliche Wesen des Reisens enthalten sei. Noch werden Sie sich des Versprechens erinnern, das ich Ihnen neulich gab, Sie, ohne das Zimmer verlassen zu haben, eine bedeutende Reise durch den Himmelsraum machen zu lassen. Ich habe Wort gehalten. Ich habe Ihnen an den Ortsveränderungen der Sterne gezeigt, daß Sie gewandert sind — gebannt freilich an die Erde, ein schwankendes Schifflein im unendlichen Ozean des Himmels. Jetzt, nachdem unsere Reisevorbereitungen geschlossen sind, sollen Sie nicht ferner an die Erde gebannt, von ihr in winzigem Kreise sich durch die Himmelslandschaft tragen lassen. Frei sollen Sie schweifen von Stern zu Stern, schwimmend auf den Wellen des Lichtes oder getragen von den Schwingen des Gedankens, und schauen, was menschlichem Auge zu schauen gestattet ist, in dem Reiche der Unermeßlichkeit!



Jährliche Ellipse eines Sternes infolge der Aberration.

Zweites Buch.

Die planetarische Welt.



Die Sternwarte zu Greenwich.

Erstes Kapitel.

Eine Mondnacht.

Abenddämm'rung wandte sich ins Helle
Herz und Geist auf einmal wurden froh,
Als die Nacht, die schüchterne Gazelle,
Bei dem Schein des Abendlöwen floh.

Wochen waren seit unserer letzten Unterhaltung vergangen. Trübe Herbstwitterung hatte uns den Himmel verschlossen gehalten, zu dem wir uns erheben wollten. Ich sah diese Verzögerung nicht ganz ungern. Denn es stand uns ein großes Ereigniß am Himmel bevor, und wie von der Beobachtung der Sonnen- und Mondfinsternisse die Sternkunde einst ihren Anfang nahm, so sollte in ähnlicher Weise eine Mondfinsterniß auch den Beginn unserer Wanderung durch die Himmelsräume bezeichnen.

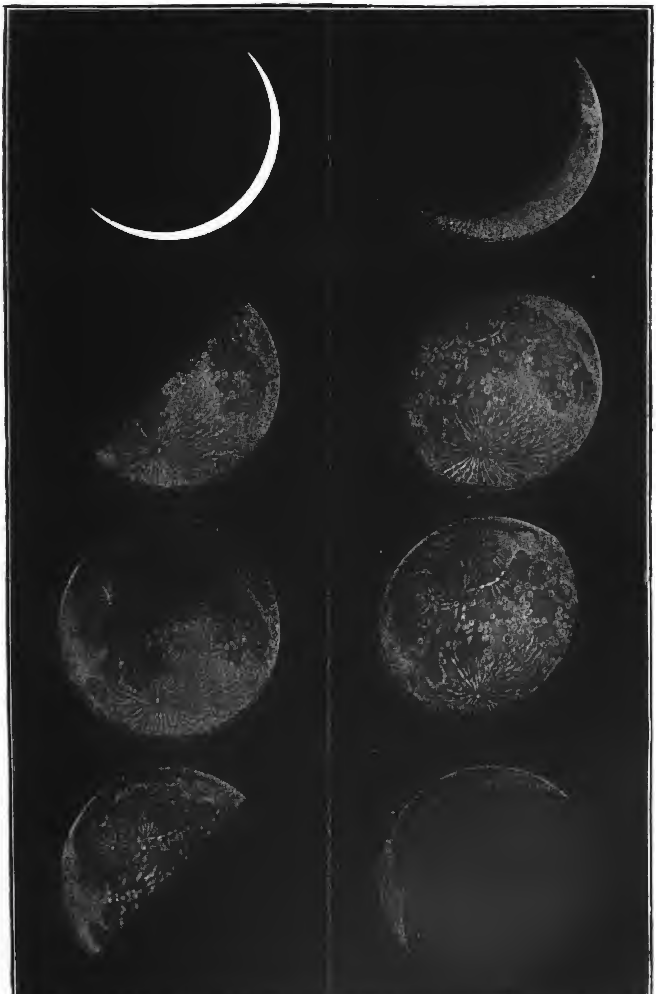
Es war eine schöne, aber kalte Oktobernacht, die uns wieder vereinigte. Der Vollmond ergoß seinen bleichen Glanz über einen reinen Himmel, nur einzelne leichte Wölkchen wie in flüssiges Silber tauchend. Auf den Wellen des Flusses und in dem Laub der Bäume zitterte sein weißes Licht. Es wäre eine Nacht für den Dichter gewesen. Rings umgaben uns Gestalten, scharf hervortretend, wachsend in ihren Verhältnissen, aber farblos, wesenlos gleichsam und wie herausfordernd, ihnen Inhalt zu geben, sie mit Leben zu erfüllen. Uns aber fesselte die Wirklichkeit; wir harrten des Anblicks eines erhabenen Schauspiels am Himmel selbst. Und dies Schauspiel begann. Wie ein leichter Rauch überflog es von Osten her die glänzende Mondscheibe. Bald folgte ein dunklerer grauer Schatten, der vom Rande her langsam über die Mondscheibe fortschreitend

ihre zahlreichen Flecken unserem Anblick entzog. Je weiter dieser Schatten fortrückte, desto mehr wich sein düsteres Grau einer rothen Färbung, die endlich in ein dunkelglühendes Kupferroth überging, aus welchem die Mondflecken wieder hervortauchten. Jetzt nahte der Augenblick, wo auch das letzte Licht der Mondscheibe schwinden sollte. Noch einmal leuchteten in feierlicher Pracht die Gipfel am Westrande des Mondes mit reinem blauen Lichte; dann ward es Nacht. Ein unheimliches Dunkel verbreitete sich über die Erde, und düster schaute in seinem röthlichen Grau, wie von einem Flor überzogen, durch den bisweilen ein zarter, rosenfarbener Schimmer hervordrang, der Mond auf das Heer der am Himmel wieder aufgetauchten funkelnden Sterne.

Lassen Sie diese Erscheinung das Zeichen sein, unter dem wir in den Himmel einziehen! — Nicht etwa weil wir noch, wie die Alten, an bedeutungsvolle Zeichen und Wunder glaubten, die in solchen Finsternissen geschähen, sondern weil sie uns das Zeichen einer nahen befreundeten Welt ist, einer Welt, die zwischen uns und jenem festen, ewigen Fixsternhimmel sich bewegt, in der es noch einen Wechsel von Licht und Schatten giebt, und einzelne Körper durch ihre Stellung einander dem Auge des Menschen entziehen. Einem vielbewegten Leben, einer zahlreichen Weltenschar werden wir in jenen Nachbarräumen begegnen; aber ehe wir seine Wunder in der Nähe beschauen, lassen Sie uns einen Blick auf seine Erscheinungen aus der Ferne werfen. Noch wird einige Zeit verfließen, ehe die ersten silbernen Strahlen des Mondes wieder hinter jener verdunkelten Scheibe hervorbrechen werden. Lassen Sie uns diese Zeit benutzen, um Kunde einzuziehen von den Bewegungen dieser Nachbarwelten, und um zum Verständniß des Vorgangs zu gelangen, der uns des freundlichen Mondlichtes so lange beraubte!

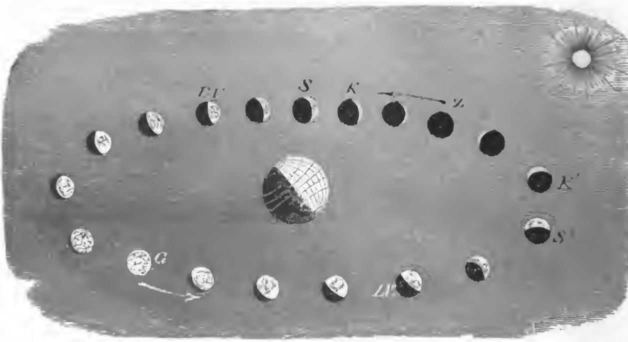
Der Mond ist offenbar in einen Schatten getreten, und dieser Schatten kann kein anderer sein, als der unserer eigenen Erde. Das ist eine so einfache Erklärung, und doch bedarf sie zu einem richtigen Verständniß noch einer näheren Betrachtung des Mondlaufes selbst.

Der Mond geht wie die Sonne täglich auf und unter und rückt wie sie unter den Fixsternen von Westen nach Osten fort, und zwar so bedeutend, daß man es schon nach dem Verlaufe weniger Stunden bemerken kann. Daher geht er täglich fast eine Stunde später auf und durchläuft in ungefähr vier Wochen den ganzen Thierkreis. Genau gemessen beträgt die ganze Zeit, welche der Mond gebraucht, um zu demselben Fixstern des Himmels zurückzukehren, 27 Tage 7 Stunden 43 Minuten $11\frac{1}{2}$ Sekunden, und diese Zeit nennt man den wahren oder siderischen Monat. Während dieses Umlaufes am Himmel zeigt sich uns aber der Mond zugleich in jenen verschiedenen Lichtgestalten, welche man seine Phasen nennt. Diese Lichtgestalten des Mondes hängen offenbar mit seiner Stellung zur Sonne und Erde zusammen. Sie können das am besten aus der Abbildung auf S. 124 sehen, welche in schematischer Weise eine Darstellung der Bahn des Mondes um die Erde giebt. Die Erde ist dabei freilich der größeren Darstellung halber im Verhältnisse zum Durchmesser der Mondbahn zu groß gezeichnet. Die Sonne beleuchtet stets die eine Hälfte der Mondkugel, gerade wie sie die eine Hälfte unserer Erde bestrahlt. Je nachdem nun diese beleuchtete Mondhälfte uns zugewandt oder abgewandt wird, erblicken wir den Vollmond oder den Neumond.



Die Phasen des Mondes.

Je nachdem wir aber den Mond mehr oder minder östlich oder westlich von der Sonne sehen, wird uns der Anblick einer Sichelgestalt des Mondes, des ersten oder letzten Viertels. Der Vollmond wird also nur eintreten, wenn der Mond der Sonne gegenüber steht, wenn er um Mitternacht durch den Meridian geht und sein Aufgang mit dem Untergange der Sonne zusammenfällt. Zur Zeit des Neumondes dagegen gehen Mond und Sonne zusammen auf und unter, und der Mond ist am Tage am Himmel, bei Nacht unter dem Horizonte, wie die Sonne. Zur Zeit des ersten Viertels steht der Mond bei Sonnenuntergang im Meridian, und sein Aufgang findet am Mittag, sein Untergang um Mitternacht statt, während zur Zeit des letzten Viertels das Gegentheil eintritt.



Der Mondschein und sein Wechsel.

Die Zeit, in welcher sich dieser Lichtwechsel vollendet, also die Zeit von einem Neumonde zum andern, fällt nicht ganz mit der Zeit zusammen, in welcher der Mond zu demselben Fixstern zurückkehrt. Der sogenannte synodische Umlauf des Mondes währt reichlich 53 Stunden länger als jener siderische und zwar im Mittel 29 Tage 12 Stunden 44 Minuten 2,9 Sekunden. Die Ursache dieser Verzögerung ist ganz dieselbe, aus welcher der Minutenzeiger Ihrer Taschenuhr den Stundenzeiger nicht in einer Stunde, sondern erst $5^5/_{11}$ Minuten später einholt. Die Erde steht nämlich ebensowenig still als der Minutenzeiger, und wenn der Mond an den ursprünglichen Punkt des Himmels zurückkehrt, ist die Erde bereits ein Stück fortgerückt, und der Mond muß dies Stück nachholen, um wieder in die ursprüngliche Stellung zur Sonne zukommen. Die umstehende Figur macht dies unmittelbar klar. Der Mond steht in L als Neumond, die Erde in T und ersterer beginnt seinen Lauf um letztere. Nachdem er seinen ganzen Kreis vollendet hat, ist die Erde nach T′ gerückt und der Mond steht in L′, sodaß die Linien L′ T′ und L T einander parallel sind. Der Mond hat aber jetzt noch nicht seine Stellung als Neumond, denn alsdann müßte die Linie T′ L′ über L′ hinaus verlängert auf die Sonne treffen, welche im Mittelpunkte der Erdbahn steht. Man sieht unmittelbar aus der Figur, daß die Linie T′ L′ nicht diesen Mittelpunkt treffen kann, sondern daneben vorbeigeht. Erst wenn der Mond in die Richtung

T'' L'' gelangt, steht er wieder mit Sonne und Erde in einer geraden Linie. Er muß also noch ein Stück über seinen ganzen Umlauf zurücklegen, ehe er wieder in dieselbe Lage gegen Sonne und Erde kommt, und um diesen weiten Bogen in seiner Bahn zu durchlaufen, gebraucht der Mond 2 Tage 5 Stunden, um welche demnach seine synodische Umlaufszeit länger ist, als seine wahre oder siderische.



Unterschied der Dauer zwischen synodischer und siderischer Umdrehung.

Versuchen Sie es, ähnlich wie bei der Sonne, die Bahn des Mondes am Himmel dadurch zu verzeichnen, daß Sie von Tag zu Tag seinem Laufe folgen und seine täglichen Oerter mit einander verbinden, so werden Sie allerdings finden, daß diese Bahn, wie bei der Sonne, einem größten Kreise entspricht. Wenn Sie aber dieselbe Bestimmung bei mehreren auf einander folgenden Umläufen des Mondes vornehmen, so werden Sie sich bald überzeugen, daß eine so feste Bestimmung, wie sie durch die Ekliptik für die Sonnenbahn gegeben ist, für die Mondbahn unmöglich wird. Schon Ihre gewöhnliche Beobachtung wird Ihnen gezeigt haben, daß der Mond zu verschiedenen Jahreszeiten sehr verschiedene Höhenstände am Himmel einnimmt, daß der Vollmond im Sommer niedrig, im Winter hoch steht, daß er in den Winternächten ungefähr da sich zeigt, wo die Sonne in den Sommertagen steht. Sie werden sogar gefunden haben, daß der Mond bisweilen bedeutend höher, als Sie es je bei der Sonne bemerkt haben, am Himmel aufrückt, daß er aber auch zu anderen Zeiten wieder viel niedriger über dem Horizonte bleibt, als die Sonne bei uns in den kürzesten Tagen. Beobachten Sie nun genauer, so werden Sie bemerken, daß, wenn der Mond einen Umlauf vollendet hat, er seinen neuen Umlauf niemals in derselben Bahn ausführt, sondern daß der größte Kreis dieser neuen Bahn eine ganz andere Lage am Himmel, namentlich eine ganz andere Neigung gegen den Aequator hat. Sie werden bemerken, daß sich diese Neigung ungefähr zwischen den Grenzen von $18^1/_2{}^0$ und $28^1/_2{}^0$ bewegt. Beziehen Sie diese verschiedenen Bahnen des Mondes auf die Ekliptik, so werden Sie freilich keine solchen Abweichungen beobachten. Sie werden finden, daß die Neigung der Mondbahn gegen die Ekliptik im Laufe eines Jahres wesentlich unverändert bleibt und ungefähr 5° 8′ 40″ beträgt. Es scheint also geradezu, als ob die Mondbahn sich fortwährend in unveränderter Neigung rückwärts um die Axe der Ekliptik drehe. Wollen wir dieser eigenthümlichen Bewegung einen bestimmteren Ausdruck verleihen, so werden wir mit Rücksicht auf die bereits erkannte Bewegung der Erde um die Sonne sagen müssen, daß der Mond sich in einer Ebene bewegt, die durch den Mittelpunkt der Erde geht und

gegen die Erdbahn unter jenem Winkel von 5° 8′ 40″ geneigt ist. Ueber die besondere Form dieser Mondbahn werden wir sofort noch nähere Aufschlüsse erlangen, wenn wir Beobachtungen über die Größenunterschiede der Mondscheibe anstellen und daraus Schlüsse auf die verschiedenen Abstände des Mondes von der Erde ziehen. Dem bloßen Auge wird zwar der Unterschied in der Größe der Mondscheibe in den verschiedenen Stellungen des Mondes kaum bemerklich sein.



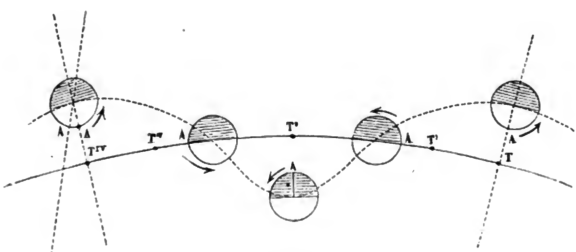
Scheinbare Größe der Mondscheibe in kleinster, mittlerer und größter Entfernung von der Erde.

Sie wissen aber, daß wir mit Hülfe des Mikrometers außerordentlich genaue Messungen vornehmen können, und diese Messungen haben in der That gelehrt, daß sich der scheinbare Durchmesser und also auch die wirkliche Entfernung des Mondes von der Erde beständig ändert, daß er in seiner größten Erdnähe, dem Perigäum, nur 48,950, in seiner größten Erdferne, dem Apogäum, aber 54,650 Meilen von dem Mittelpunkt der Erde absteht. Eine richtige Vorstellung von der Mondbahn erhalten wir also erst, wenn wir sie als elliptisch auffassen und uns die Erde in einem Brennpunkt dieser Ellipse denken.

Ich darf Ihnen nun freilich nicht verhehlen, daß eine solche Vorstellung von der Mondbahn nur eine ganz allgemeine Giltigkeit hat, da der Mond eine so außerordentliche Veränderlichkeit zeigt, so unabläßig seine Geschwindigkeit, wie die Lage und Gestalt seiner Bahn wechselt, daß die genaue Bestimmung des Mondlaufes zu den schwierigsten und zeitraubendsten Geschäften des Astronomen gehört. Der Mond selbst trägt allerdings nicht die Schuld davon. Liefe er allein um die Sonne, wie unsere Erde, so würde er eine geschlossene elliptische Bahn um sie beschreiben. Nun drängt sich aber die gewichtige Erde in seine Gesellschaft, lenkt ihn durch ihre Anziehungskraft aus seiner Bahn und zwingt ihn zu einer Bewegung um sie selbst. So kommt es denn zu einer gemeinsamen Bewegung beider Weltkörper um die Sonne, verbunden mit einer beständigen Drehung um einen gemeinsamen Schwerpunkt, so daß ihr Lauf einem walzerförmigen Tanze um die Sonne gleicht.

Ich sage: der Mond wird durch die Anziehungskraft der Erde gezwungen, sie selbst zu umkreisen. Nun ist Ihnen bekannt, daß der Mond bei diesem Umlaufe um die Erde uns stets dieselbe Seite zuwendet, und obwol gerade daraus mit Nothwendigkeit folgt, daß der Mond sich genau in derselben Zeit, in welcher er seinen Umlauf um die Erde vollbringt, sich auch einmal um seine Axe drehen muß, so verursacht die Vorstellung von dieser Axendrehung des Mondes doch so

oft die größte Schwierigkeit. Es ist kaum zu begreifen, wie sonst unterrichtete Menschen nicht auf den Einfall kommen, daß, wenn der Mond sich nicht zugleich während seiner Umlaufsbewegung um seine Axe drehte, sondern sich stets parallel bliebe, wir doch nothwendig nach jedem halben Umlaufe die entgegengesetzte Seite des Mondes uns zugewandt erblicken müßten. Die untenstehende Figur wird in dieser Beziehung jeden Zweifel lösen. Sie enthält ein Stück T T″ T^{IV} der Erdbahn und das entsprechende Stück der Bahn des Mondes. Nehmen wir an, die Erde befinde sich in T und auf der Mondscheibe bezeichne der Punkt A die Mitte. Dieser Punkt bleibt also auch stets in der Mitte der Scheibe. Lassen wir jetzt die Erde nach T′ rücken, so hat der Mond ein Viertel seines Umkreises vollendet und A steht in der Mitte der Scheibe. Man sieht unmittelbar, daß sich letztere entsprechend gedreht haben muß, sonst könnte A nicht mehr auf der Mitte der Scheibe sichtbar sein, indem die Linie A T eine ganz andere Richtung hat als A T′.



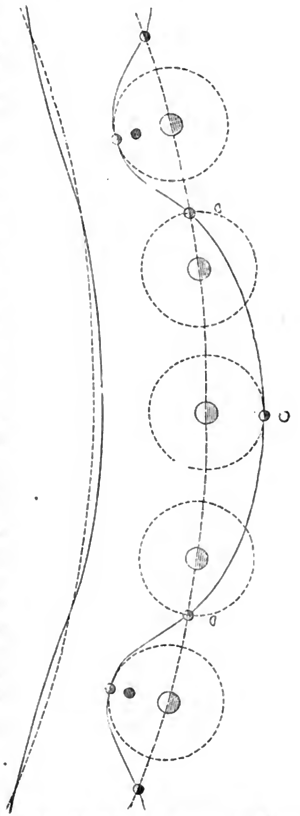
Darstellung der Mondbewegung während eines Monats.

Lassen wir die Erde nach T″ rücken, so hat der Mond die Hälfte seines Umlaufes um dieselbe vollendet. Gleichzeitig hat aber auch der Punkt A eine halbe Umdrehung gemacht, denn er hat nun die entgegengesetzte Lage im Vergleiche zur Stellung in T. Wenn die Erde in T‴ anlangt, so hat sich A mit der Mondscheibe abermals weiter gedreht und in T^{IV} endlich seine ganze Umdrehung vollendet. Die rotirende Bewegung des Mondes geht mit der größten Gleichmäßigkeit vor sich. Auf seinem Laufe durch die elliptische Bahn um die Erde wechselt aber der Mond infolge seiner verschiedenen Abstände von der Erde seine Geschwindigkeit beständig, und zwar nicht blos scheinbar, sondern auch wirklich. Er bewegt sich langsamer in der Erdferne, rascher in der Erdnähe, und zwar dergestalt, daß seine Bewegung in der Erdferne für unseren Anblick nur etwa $^4/_5$ von derjenigen beträgt, die in der Erdnähe stattfindet. Eine Folge davon ist, daß wir wirklich von Zeit zu Zeit bald an dem einen, bald an dem andern Rande einen kleinen Theil der uns sonst abgewandten Mondseite erblicken. Diese Erscheinung, die man die Libration oder Schwankung des Mondes nennt, wird noch durch den Umstand vergrößert, daß einerseits die Drehung des Mondes

um eine nicht genau senkrecht auf seiner Bahn stehende Axe erfolgt, und daß wir andererseits den Mond nicht vom Erdmittelpunkte, sondern von der Oberfläche der Erde, also einem für die geringe Enfernung des Mondes wirklich etwas erhöhten Standpunkte betrachten, von dem sich unser Blick nach einer Richtung hin also erweitert. Das Stück der jenseitigen Mondscheibe, das uns auf diese Weise zu Gesicht kommt, beträgt jederseits freilich nur etwa $^3/_{40}$ der ganzen, so daß uns immer noch $^{17}/_{20}$ jener Seite für immer verborgen bleiben.

Lassen Sie uns noch einen Augenblick bei den Unregelmäßigkeiten des Mondlaufes verweilen. Einzelne dieser Veränderungen gehen rasch und gleichsam vor Aller Augen vor sich, während andere so langsam erfolgen, daß sie erst nach Jahrtausenden und nur durch die genauesten astronomischen Beobachtungen bemerkbar werden. Zu den auffallendsten und raschesten Veränderungen gehören, wie ich schon bemerkte, die von der elliptischen Gestalt der Bahn herrührenden. Sie gleichen, wenn sie auch bedeutender sind, im Allgemeinen denen unserer Erde, die wir in dem scheinbaren Sonnenlaufe sich abspiegeln sehen. Auch die Anziehungen der Sonne und Erde bewirken infolge der Lage ihrer Bahnen in verschiedenen Ebenen, wie der verschiedenen Stellung der Mondaxe gegen die Sonne, ganz ähnliche Erscheinungen wie dort, zunächst eine kleine Veränderung in der Lage der Mondbahn gegen die Erdbahn, ein Schwanken ihrer Neigung zwischen 5° und 5° 18′, dann aber, was weit einflußreicher und auch dem bloßen Auge bemerklich ist, eine Veränderlichkeit der Knoten, d. h. der Durchschnittspunkte beider Bahnen. Dieser Knoten zeigt, ähnlich dem Frühlingspunkt, eine rückgängige Bewegung in der Mondbahn und wandert, allerdings schneller als der Frühlingspunkt, in 18 Jahren 218 Tagen 21 Stunden $22^3/_4$ Minuten um den ganzen Himmel herum. Ebenso wechseln auch die Punkte der Mondbahn, in denen die Erdnähe und Erdferne eintritt, indem sie sehr rasch in der Bahn vorwärts rücken und bereits in 8 Jahren 310 Tagen 13 Stunden 49 Minuten einen ganzen Umlauf durch die Bahn vollenden. Was zunächst die rückgängige Bewegung der Knoten der Mondbahn anbelangt, so können Sie sich von der Art und Weise, wie diese Wirkung zu Stande kommt, durch folgende Betrachtung eine Vorstellung machen. Die Sonne befindet sich stets in der Ebene der Ekliptik und ihre Anziehung wirkt von hier aus nach allen Richtungen. Sie sucht demnach den Mond, wenn dieser sich nicht in dieser Ebene befindet, in dieselbe herabzuziehen, und beschleunigt also den Augenblick, in welchem der Mond den Durchschnittspunkt seiner Bahn mit der Ebene der Ekliptik erreicht. Der Mond erreicht also früher seinen Knoten und gleichzeitig unter einem stumpferen Winkel, die Neigung seiner Bahn gegen die Ekliptik nimmt zu. Nachdem der Knoten passirt und der Mond auf die andere Seite der Ekliptik gekommen ist, wirkt die Anziehung der Sonne wieder dahin, ihn der Ekliptik zu nähern, die Neigung der Mondbahn nimmt daher wiederum ab. Die mittlere Neigung der Mondbahn ist also unverändert und schwankt nur zwischen den oben angegebenen Grenzen, aber die retrograde Bewegung der Mondknoten erhält sich ununterbrochen. Sie ist allerdings nicht regelmäßig, sondern ihre Geschwindigkeit verändert sich je nach der Lage der Knotenlinie zu den Mondphasen; im Mittel beträgt sie jährlich $19^1/_3$°.

Die fortschreitende Bewegung der Punkte der Mondbahn, in welcher die Erdnähe und Erdferne eintritt, oder der beide verbindenden Linie, der Apsidenlinie, ist ebenfalls auf die Einwirkung der Sonne zurückzuführen. Ohne Zuhülfenehmen mathematischer Entwicklungen ist es freilich schwierig, diesen Effekt zu begreifen. Denken wir uns, die Apsidenlinie der Mondbahn habe eine solche Lage im Raume, daß ihre Verlängerung genau auf die Sonne treffen würde und gleichzeitig nähere sich der Mond dem Punkte seiner Erdnähe, dem Perigäum. Die Sonne wirkt nun durch ihre Anziehung so auf ihn, daß seine Entfernung von der Erde zunimmt; der Mond erreicht daher den Punkt seiner größten Erdnähe früher, als dies ohne Einwirkung der Sonne stattfinden würde, oder die Apsidenlinie schreitet zurück. In der Erdferne des Mondes, dem Apogäum, strebt die Anziehung der Sonne ebenfalls dahin, die Entfernung des Mondes von der Erde zu vergrößern; der Mond erreicht daher den Punkt seiner Erdferne später als bei der ungestörten Bewegung um die Erde, oder die Apsidenlinie schreitet nun vorwärts. Die Einwirkung der Sonne ist aber in diesem letzteren Falle bedeutender wie im ersteren, das Voranschreiten überwiegt die retrograde Bewegung beim Perigäum. Wenn die Apsidenlinie der Mondbahn nicht die hier angenommene Lage hat, sondern etwa die darauf senkrechte, also lothrecht zur Verbindungslinie von Sonne und Erde steht, so bewirkt die Anziehung der Sonne, wenn sich der Mond im Perigäum befindet, ein Vorwärtsschreiten der Apsidenlinie, im Apogäum aber ein Rückwärtsgehen. In diesem Falle überwiegt die retrograde Bewegung und die Apsidenlinie schreitet zurück.



Die Bahn des Mondes in Bezug auf die Sonne.

Untersucht man an der Hand der Rechnung alle möglichen Fälle genau, so findet sich, daß im Ganzen die Apsidenlinie eine fortschreitende Bewegung hat, doch ist dieselbe äußerst unregelmäßig und geht zeitweise in ein Rückwärtsschreiten über. Der mittlere jährliche Betrag des Vorangehens der Apsidenlinie des Mondes ist 40,7°.

Die zahlreichsten, wenngleich minder beträchtlichen Unregelmäßigkeiten des Mondlaufes hängen von der wechselnden Stellung des Mondes zur Erde und Sonne ab, also von denselben Verhältnissen, auf welchen die Erscheinung der wechselnden Lichtphasen des Mondes beruht. Eben deshalb aber werden sie von besonderer Bedeutung und können sich einer aufmerksamen Beobachtung kaum entziehen, um so mehr, da sie in Verbindung mit den Ungleichheiten des Erdlaufes in einem Mondwechsel auf einen halben Tag und darüber anwachsen können. Wäre der Mond Ihnen Kalender, wie den Alten, so würden Sie gefunden haben, daß die Vollmonde des Sommers stets geringere Zwischenzeiten haben als die des Winters. Mond und Erde stehen nämlich weder in gleichem Abstande von der Sonne noch in gleicher Richtung zu ihr. Die Anziehung der Sonne auf Erde und Mond muß darum sowol ihrer Größe als Richtung nach verschieden wirken, und diese Verschiedenheit ist es, die der Astronom als Störung bezeichnet. Sie dürfen bei diesem Worte aber keineswegs an irgend eine Willkür, eine Unordnung oder Gesetzwidrigkeit denken. Die Störungen folgen mit derselben Nothwendigkeit aus den allgemeinen Bewegungsgesetzen, lassen sich mit derselben Schärfe berechnen wie die Hauptbewegung selbst, und nur die verwickelten Verhältnisse erschweren diese Rechnung. Die Störungen des Mondlaufes sind also eigentlich nur Störungen oder, wenn Sie wollen, Unbequemlichkeiten für die astronomische Rechnung.

Lassen Sie uns den Lauf von Mond und Erde um die Sonne, den wir uns bildlich als einen gemeinsamen Tanz vorstellten, während eines Mondwechsels verfolgen und dabei namentlich die Stellungen beider Weltkörper gegeneinander und zur Sonne ins Auge fassen! Zur Zeit des Vollmondes finden Sie zunächst Mond und Erde sich in gleicher Richtung bewegend, während zur Zeit des Neumondes beider Bewegungen entgegengesetzt gerichtet sind. Im Vollmonde aber steht zugleich der Mond weiter von der Sonne ab als die Erde; seine Bewegung um die Sonne erfolgt daher auch langsamer, er bleibt hinter der Erde zurück. Dieser Verzögerung der Mondbewegung muß aber zugleich auch eine Vergrößerung des Abstandes zwischen Mond und Erde entsprechen, da die nähere Erde stärker von der Sonne angezogen wird als der entferntere Mond. Entgegengesetzte Verhältnisse treten im Neumonde ein. Der Lauf des näheren Mondes um die Sonne erfolgt rascher als der der Erde, er eilt ihr voraus, aber freilich in einer der Bewegung des Mondes um die Erde entgegengesetzten Richtung. Die Gesammtbewegung des Mondes erscheint darum auch hier verzögert. Ebenso wird auch durch die stärkere Anziehung des näheren Mondes die Entfernung zwischen Mond und Erde vergrößert. In beiden Stellungen also, zur Zeit des Neu- und Vollmondes, oder in den Syzygien, wie man diese Phasen gemeinsam nennt, erfolgt aus entgegengesetzten Ursachen die gleiche Wirkung: Verzögerung des Mondlaufes und Vergrößerung des Abstandes zwischen Mond und Erde. Zur Zeit der Mondviertel oder in den Quadraturen tritt dagegen eine andere Wirkung ein. Beide Weltkörper stehen gleich weit von der Sonne; nur die Richtung der Sonnenanziehung ist für beide verschieden. Der Zug der Sonne strebt sie einander zu nähern, die Wirkung der Erde auf den Mond wird dadurch verstärkt und die Mondbewegung daher beschleunigt.

Diese ganze Erscheinung, welche sich gleichsam als ein Bestreben auffassen läßt, der Mondbahn eine elliptische Gestalt zu geben und die in der That mit den Folgen der elliptischen Bahnbewegung, von der sie übrigens ziemlich unabhängig ist, große Uebereinstimmung zeigt, nennt man die Evektion, und sie ist die einzige Störung im Laufe der Himmelskörper, die bereits von einem Astronomen des Alterthums, von Ptolemäus, von 2 Jahrtausenden entdeckt wurde. Infolge der Evektion ist die Länge des Mondes zur Zeit des Voll- und Neumondes, also in den sogenannten Syzygien, um nahe 1° 15′ größer, als sie nach der reinen elliptischen, von der Sonne nicht beeinflußten Bewegung unseres Trabanten sein sollte. Umgekehrt ist sie in dem ersten und letzten Viertel, also zur Zeit der Quadraturen, um 1° 15′ kleiner. Der Name Evection für diese Störung rührt von Tycho Brahe her.

Eine ganz ähnliche Störung wird aber noch zu anderen Zeiten des Mondwechsels durch die Anziehung der Sonne bewirkt. In jener Zwischenzeit nämlich, wo die eine Mondphase in die andere übergeht und Sonne und Mond mit der Erde schiefe Winkel bilden, ist sowol die Richtung der Sonnenanziehung, wie ihre Stärke in Bezug auf Mond und Erde verschieden. Die Folge davon ist, daß der Zug der Sonne den Mond etwas seitwärts verrückt und dadurch gleichfalls seinen Lauf theils beschleunigt theils verzögert. Wenn der Mond von der Konjunktion gegen das erste Viertel rückt, so vermindert sich infolge der Sonnenanziehung seine Winkelbewegung, sie nimmt aber wieder vom ersten Viertel bis zum Vollmonde zu; von da bis zum letzten Viertel nimmt sie abermals ab und wächst hierauf wieder bis zum Neumonde. Der wahre Ort des Mondes muß demnach im ersten Quadranten seiner Bahn dem elliptischen voraus sein, ebenso im drittten, während er in den beiden übrigen Quadranten hinter demselben zurückbleibt. Diese Störung, die eine Ortsveränderung des Mondes von 37 Minuten zur Folge haben kann, bezeichnet man als Variation, sie ist von Tycho Brahe um das Jahr 1590 entdeckt worden. Beide Störungen aber werden natürlich im Laufe des Jahres ganz verschiedene Größen erlangen, je nachdem die Erde in ihrer Bahn der Sonne näher oder ferner steht, und die Wirkung der Sonnenanziehung also mehr oder minder stark auf Erde und Mond ist. Zur Zeit der Erdnähe, also im Winter, werden diese Störungen weit beträchtlicher sein als zur Zeit der Erdferne, im Sommer. Die dritte der großen Ungleichheiten der Mondbewegung führt den Namen jährliche Gleichung, doch beträgt ihr größter Werth nur 11′, sie ist also weit kleiner als die Variation. Ihre Ursache ist die nicht genau kreisförmige Bahn der Erde. Weil unser Planet sich in einer Ellipse bewegt, so muß die störende Einwirkung der Sonne sich fortwährend vermindern, während die Erde von der Sonnennähe zur Sonnenferne geht und umgekehrt zunehmen, wenn unser Planet seine Sonnenferne erreicht hat und wieder dem Sonnennähepunkte zustrebt. Der störende Einfluß der Sonne auf die Mondbewegung äußert sich nun dadurch, daß während die Erde dem Perihelium zueilt, die Mondbahn eine stufenweise Erweiterung erfährt, der Mond also sich mehr und mehr von der Erde entfernt, bewegt sich die Erde dagegen vom Perihelium zum Aphelium, so nimmt die störende Einwirkung der Sonne ab und die Mondbahn verkleinert sich wieder.

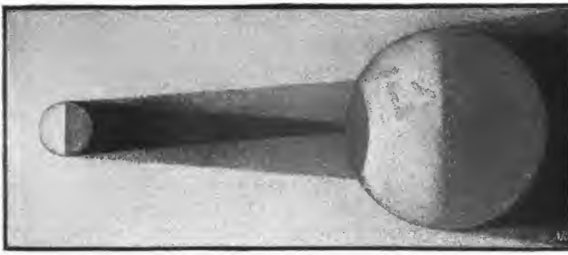
Diese Vergrößerung und Verringerung des mittleren Mondabstandes von der Erde, infolge der störenden Einwirkung der Sonne, würde sich durch direkte Messungen nur sehr schwer oder gar nicht mit Sicherheit nachweisen lassen, aber die Aenderung der Bahndimensionen des Mondes zieht gleichzeitig eine Aenderung der Umlaufszeit desselben nach sich und diese ist es, die sich in den Beobachtungen mit Leichtigkeit nachweisen läßt. In der That beträgt die synodische Umlaufszeit des Mondes im Januar, wenn die Erde sich in ihrer Sonnennähe befindet, 29³/₄ Tage, ein halbes Jahr später indeß, wenn die Erde das Aphelium erreicht hat, nur 29¹/₄ Tage. Der Mond braucht daher in der ersten Epoche mehr Zeit um einen ganzen Umlauf zu vollbringen, als in der letzteren; seine mittlere Bewegung ist also in jener Periode langsamer wie in dieser, oder mit anderen Worten, in der ersten Hälfte des Jahres wird die Länge des Mondes vermindert, in der zweiten um ebensoviel vermehrt.

Aus allen diesen, freilich nur ganz flüchtigen Mittheilungen über die Unregelmäßigkeiten der Mondbewegung werden Sie sich wenigstens überzeugt haben, daß die genaue Berechnung des Mondlaufes und solcher davon abhängiger Ereignisse, wie Sonnen- und Mondfinsternisse, nicht zu den leichtesten Arbeiten gehört. Freilich haben schon die Astronomen des Alterthums solche Finsternisse vorausbestimmt, und diese Vorhersagungen waren es ja vorzugsweise, durch welche sich die Astronomie Achtung beim Volke erwarb. Aber diese Vorausbestimmungen waren doch keineswegs von der Zuverlässigkeit, wie wir sie jetzt bei astronomischen Verkündigungen gewohnt sind. Noch im 17. Jahrhundert konnte es sich ereignen, daß für Rom eine totale Sonnenfinsterniß angekündigt wurde, während in Wirklichkeit nur drei Viertel der Sonne sich verfinsterten und zu Anfang des vorigen Jahrhunderts vermochte man Fehler von 45 Min. bei der Berechnung einer solchen Finsterniß nicht immer zu vermeiden.


Totale u. partiale Mondfinsterniß. S Sonne. E Erde. M Mond.

Die Finsternisse am Himmel beruhen darauf, daß ein Weltkörper durch einen andern beschattet wird. Mond und Erde sind beide an sich dunkle, nur von der Sonne beleuchtete Körper und werfen beide Schatten hinter sich, lang genug, um den andern Weltkörper zu erreichen. Die Länge des Erdschattens beträgt zwischen 182,000 und 189,000 Meilen, die des Mondschattens zwischen 49,000 und 51,000 Meilen. Sie sehen daraus,

daß der Erdschatten mehr als dreimal über den Abstand des Mondes hinausreicht, während der Mondschatten freilich nur gegen die Zeit der Erdnähe die Erde erreichen kann. So oft der Erdschatten den Mond bedeckt, ereignet sich eine Mondfinsterniß, so oft der Mondschatten über die Erde hinzieht, eine Sonnenfinsterniß; denn die Beschattung ist für den beschatteten Körper ja nur eine Entziehung des Sonnenlichtes.



Entstehung einer totalen Sonnenfinsterniß für einen bestimmten Erdort.

Die Verfinsterung kann eine partiale oder eine totale sein, je nachdem nur ein Theil des Schattens oder der ganze den verfinsterten Weltkörper trifft. Sie kann bei einer Sonnenfinsterniß aber auch eine ringförmige Gestalt annehmen, wenn der Mond seiner Erdferne nahe steht, sein Schatten die Erde also nicht mehr wirklich berührt, sondern nur darüber hinschwebt, und die Mondscheibe daher zugleich, wenn sie vor die Sonne tritt, einen kleineren scheinbaren Durchmesser zeigt als die Sonnenscheibe. Die Fig. S. 135 kann als Schema für eine allgemeine theoretische Darstellung der Sonnen- und Mondfinsternisse dienen.



Entstehung einer ringförmigen Sonnenfinsterniß für einen bestimmten Erdort.

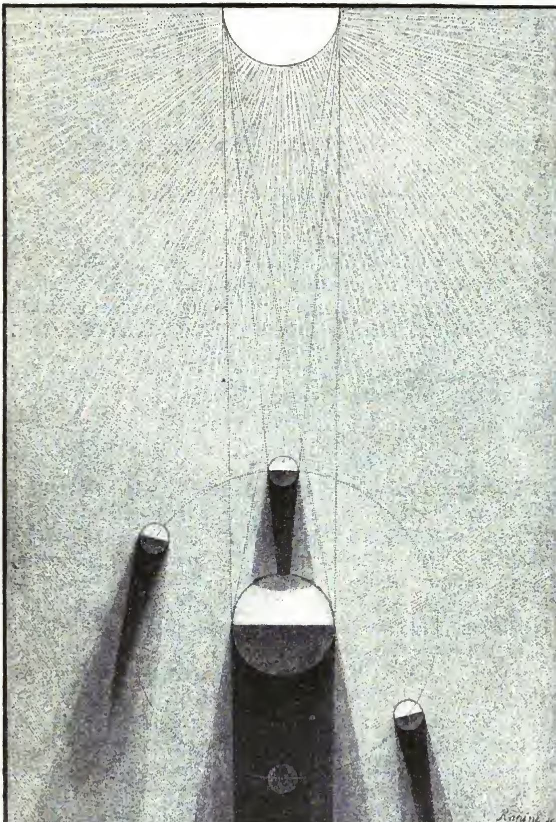
Da Mond und Erde einander offenbar nur dann beschatten können, wenn sie in einer geraden Linie mit der Sonne stehen, so könnte es scheinen, als ob ihre Verfinsterungen zur Zeit jedes Neumondes und Vollmondes sich ereignen müßten. Das würde in der That der Fall sein, wenn die Mondbahn keine oder doch nur eine geringe Neigung gegen die Erdbahn hätte. Sie haben aber gesehen,

daß diese Neigung der Mondbahn nicht ganz unbeträchtlich ist, und so wird es kommen, daß die meisten Vollmonde über oder unter dem Erdschatten, die meisten Neumonde nördlich oder südlich von der Sonne vorbeiziehen. Nur wenn der Mond zur Zeit dieser Phasen zugleich in die Ebene der Erdbahn oder in ihre Nähe tritt, wenn er also sich zugleich in seinem Knoten oder diesem nahe befindet, stellt sich eine solche Finsterniß ein. Wäre nun die Lage dieses Knotens fest, so würde sich immer noch eine gewisse Regelmäßigkeit in dem Erscheinen der Finsternisse zeigen; sie würden alljährlich zu denselben Jahreszeiten, wenn auch nicht genau an denselben Tagen eintreten. Bei der bekannten Veränderlichkeit des Mondknotens aber wird zur Vorherbestimmung der Finsternisse eine genaue Berechnung dieser Knotenbewegung erfordert. Wenn die Alten ohne den Besitz unserer heutigen Sonnen- und Mondtafeln dennoch solche Vorausbestimmungen und, wie wir aus der Geschichte wissen, mit Glück unternahmen, so verdankten sie dies ihren fleißigen und Jahrhunderte langen Beobachtungen. Schon den alten Babyloniern, die, wie Sie wissen, aufmerksame Himmelsbeobachter waren, entging es nicht, daß nach 18 Jahren und 10 bis 11 Tagen die Finsternisse nahe in derselben Reihenfolge wieder eintreten. Sie nannten diese Periode Saros, aber da sie nur näherungsweise gilt, so kam es vor, daß eine danach bestimmte Finsterniß ausblieb oder eine nicht vorhergesehene plötzlich eintrat. Die Ursache jener achtzehnjährigen Finsternißperiode ist in folgendem Umstande zu suchen. Die durchschnittliche Zwischenzeit von einem Neumonde zum andern, der sogenannte synodische Monat, beträgt 29 Tage $12^3/_4$ Stunden, sodaß ein Sonnenjahr 12 synodische Monate + 11 Tage umfaßt. Es würde also, wenn sich die Lage der Mondbahn nicht änderte, beispielsweise eine Sonnenfinsterniß in dem nächsten Jahre um 11 Tage früher wiederkehren. Nun drehen sich aber die Knoten der Mondbahn der Sonne entgegen, sodaß diese kein volles Jahr gebraucht, um wieder beim selbigen Knoten der Mondbahn anzugelangen, sondern blos $346^3/_5$ Tage. Soll also nach Ablauf eines Vielfachen des synodischen Monats eine Finsterniß wiederkehren, so muß dieses Vielfache auch gleichzeitig ein Vielfaches von $346^3/_5$ Tagen sein. Nun sind 223 synodische Monate = $6585^1/_5$ Tage, und 19 Mal 362 $^3/_5$ Tage = $6585^2/_5$ Tage. Da ferner $6585^1/_2$ Tage genau 18 Jahre 11 Tage sind, so wiederholen sich also im Allgemeinen die Finsternisse nach Ablauf dieser Zeit in derselben Reihenfolge. Wie weit die cyklische Reihenfolge der Finsternisse genau ist, können Sie zum Theil aus nachstehender Tabelle entnehmen, welche sämmtliche von 1870 bis 1900 stattgefundenen oder noch stattfindenden vorzugsweise in Europa sichtbaren Mondfinsternisse enthält.

Mondfinsternisse, welche im letzten Viertel dieses Jahrhunderts vorzugsweise in Europa sichtbar sein werden.

1876	März	10.	Sept.	3.	1883	April	22.	Sept.	16.
1877	Febr.	27. (total)	Aug.	23. (total).	1884	„	20. (total)	Okt.	4. (total).
1878	„	17.	„	13.	1885	März	20.	Sept.	24.
1879	„	—	Dez.	28.	1887	Febr.	8.	Aug.	5.
1880	Juni	22. (total)	„	16. (total).	1888	Jan.	28.	Juli	23.
1881	„	12.	„	5.	1891	Mai	23.	Nov.	26.

1892	Mai	11.	Nov.	4. (total).	1897	Jan.	8.	Juli	2.	
1894	März	21.	Sept.	15.	1898	Juli	3.	Dez.	27.	(total).
1895	„	11. (total)	„	4. (total).	1899	„	23. (total)	„	17.	
1896	Febr.	28.	Aug.	23.	1900	„	13.		—	



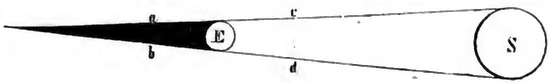
Schematische Darstellung von Sonnen- und Mondfinsternissen.

Gegenwärtig bestimmt man mittels der astronomischen Tafeln genau die Augenblicke der Vollmonde und Neumonde und untersucht dann, ob im ersteren Falle der Abstand des Mondes von der Ekliptik größer oder kleiner ist als der

Halbmesser des Schattenkegels, oder im andern Falle für die Neumonde, ob jener Abstand des Mondes von der Ekliptik kleiner oder größer ist als der Halbmesser der Sonnenscheibe. So erfährt man, bei welchen Vollmonden und Neumonden Mond- und Sonnenfinsternisse eintreten, bei welchen nicht. Der Abstand des Mondes von der Ebene der Ekliptik hängt von seiner Entfernung von einem der Knoten ab, da er in den Knoten sich ja genau in der Ebene der Ekliptik selbst befindet und in der Mitte zwischen beiden Knoten am weitesten von derselben entfernt ist. Man kann daher aus dem Knotenabstande des Mondes zur Zeit des Voll- oder Neumondes schließen, ob eine Finsterniß eintreten wird oder nicht. Es ergiebt sich in dieser Beziehung Folgendes:

Es muß eine Sonnenfinsterniß eintreten, wenn sich zur Zeit des Neumondes der Mond um weniger als 15° 24′ in seiner Bahn von einem seiner Knotenpunkte befindet. Ist dieser Abstand größer als 18° 22′, so kann keine Finsterniß mehr stattfinden.

Eine Mondfinsterniß muß eintreten, wenn der Mond sich zur Zeit des Vollmondes bis zu 7° 47′ von einem seiner Knotenpunkte befindet; sie kann noch eintreten, wenn der Knotenpunkt 13° 21′ beträgt. Die Mondfinsterniß muß total sein, wenn der Vollmond bis zu 3° 30′ von einem der Knoten entfernt ist, sie kann noch total sein, wenn der Abstand bis 7° 19′ beträgt.



Der Erdschatten.

Im Allgemeinen ereignen sich innerhalb 18 bis 19 Jahren 70 Finsternisse und zwar 29 am Monde und 41 an der Sonne, niemals mehr als 7 Finsternisse in einem Jahr, aber auch nie weniger als 2. Sie sehen, daß die Zahl der Sonnenfinsternisse die der Mondfinsternisse fast um die Hälfte übertrifft. Der Grund dieser größeren Häufigkeit der Sonnenfinsternisse liegt darin, daß der Schattenkegel, in welchen der Mond ganz oder theilweise eintreten muß, wenn eine Mondfinsterniß erfolgen soll, schmaler ist als der Raum, in welchem der Mond sich zu befinden hat, wenn er uns eine Sonnenfinsterniß erzeugt. Sie dürfen nur die oben stehende Figur betrachten, wo ab die Breite des Schattenkegels für Mondfinsternisse, cd den Raum für den Ort des Mondes bei Sonnenfinsternissen bezeichnet. Sie müssen sich aber nicht durch die Erfahrung täuschen lassen, daß an ihrem bestimmten Heimatsort die Sonnenfinsternisse seltener erscheinen. Mondfinsternisse ereignen sich nämlich stets gleichzeitig auf der ganzen Erdhälfte, für welche der Vollmond eben am Himmel steht, da der Mond selbst in einen Schatten tritt. Sonnenfinsternisse dagegen treffen immer nur einen sehr kleinen, höchstens den sechsten Theil der Erdhälfte, über welche gerade die Schattenspitze des Mondes hinstreicht. Für Sie selbst bleiben daher die meisten Sonnenfinsternisse unsichtbar, während Sie jede Mondfinsterniß erblicken müssen, wenn sie nicht gerade die entgegengesetzte Erdhälfte trifft. Daher kommt es, daß oft für einen Ort Jahrhunderte vorübergehen, ehe ihm

einmal eine totale Sonnenfinsterniß erscheint. So wird unser nördliches Deutschland erst am 19. August 1887 die erste und einzige totale Sonnenfinsterniß dieses Jahrhunderts erleben. Die Linie der Totalität geht bei dieser Finsterniß von Magdeburg über Berlin gegen Moskau hin. Beim Beginn der Erscheinung befindet sich die Sonne für das mittlere Deutschland noch unter dem Horizonte, sie geht also verfinstert auf. Die nachstehende Tabelle giebt eine Uebersicht der Sonnenfinsternisse, welche von 1879 bis 1900 in Europa sichtbar sein werden.

Sonnenfinsternisse, welche im letzten Viertel unseres Jahrhunderts in Europa sichtbar sein werden.

1879. Juli 19.	(in Deutschl.	5— 7 Z. groß).	1890. Juni 17.	(in Deutschl.	5—7 Z. groß).
1880. Dez. 31.	(„ „	1— 3 „ „	1891. „ 6.	(„ „	3—6 „ „
1882. Mai. 17.	(„ „	2— 4 „ „	1896. Aug. 9.	(„ „	7—9 „ „
1887. Aug. 19.	(„ „	11—12 „ „	1899. Juni 8.	(„ „	1—2 „ „
1888. Juli 23.	(„ „	4—6 „ „	1900. Mai 28.	(„ „	6—7 „ „

Die Sonnen- und Mondfinsternisse spielen in der Chronologie eine höchst bedeutende Rolle. Die Alten, welche zum Theil höchst abergläubische Vorstellungen mit diesen Erscheinungen verknüpften, haben uns nämlich über manche Finsternisse, die nahe mit bedeutenden politischen Ereignissen zusammentrafen, Nachrichten überliefert, welche durch Rückwärtsrechnung ermöglichen, die genauen Jahreszahlen und selbst das Tagesdatum solcher Ereignisse festzustellen. Auf diese Weise hat man z. B. gefunden, daß die berühmte, angeblich von Thales vorhergesagte Sonnenfinsterniß, die im sechsten Jahre des Krieges zwischen Aliattes von Lydien und Kyaxares von Medien stattfand, am 28. Mai 584 v. Chr. eingetreten ist.

Um die historischen Angaben über die Erscheinung einer Finsterniß leicht und ohne viele Rechnung zu prüfen, kann man sich nachstehender Tafel bedienen, deren Einrichtung ich sofort erklären werde.

Jahr n. Chr.	N.	Jahr n. Chr.	N.	Jahr n Chr.	N.	Tage.	N.	Monate.	N.
1800	187	1815	990	1830	797	1	0	Januar.	0
1801	239	1816	43	1831	850	2	3	Februar.	90
1802	293	1817	100	1832	904	3	6	März.	173
1803	346	1818	153	1833	950	4	9	April.	262
1804	399	1819	205	1834	12	5	12	Mai.	349
1805	454	1820	259	1835	66	6	15	Juni.	439
1806	508	1821	315	1836	119	7	17	Juli.	526
1807	561	1822	368	1837	174	8	20	August.	614
1808	613	1823	420	1838	227	9	23	September.	704
1809	669	1824	474	1839	281	10	26	Oktober.	790
1810	723	1825	530	1840	333	11	29	November.	880
1811	775	1826	582	1841	389	12	32	Dezember.	966
1812	828	1827	635	1842	442	13	35		
1813	884	1828	689	1843	496	14	38		
1814	938	1829	745	1844	549	15	40		

Jahr n. Chr.	N.	Jahr n. Chr.	N.	Jahr n. Chr.	N.	Tage.	N.	Jahrhundert.	N.
1845	604	1865	680	1885	754	16	43	100	628
1846	658	1866	732	1886	808	17	46	200	257
1847	711	1867	786	1887	861	18	49	300	909
1848	764	1868	839	1888	914	19	52	400	534
1849	819	1869	895	1889	969	20	55	500	159
1850	873	1870	947	1890	23	21	58	600	785
1851	926	1871	1	1891	75	22	61	700	410
1852	978	1872	54	1892	128	23	63	800	35
1853	34	1873	110	1893	185	24	66	900	660
1854	88	1874	162	1894	238	25	69	1000	285
1855	141	1875	216	1895	291	26	72	1100	911
1856	194	1876	269	1896	344	27	75	1200	535
1857	250	1877	325	1897	400	28	78	1300	160
1858	303	1878	379	1898	453	29	81	1400	785
1859	356	1879	431	1899	505	30	83	1500	410
1860	409	1880	494	1900	559	31	86	1600	36
1861	465	1881	539					1700	661
1862	518	1882	593					1800	287
1863	571	1883	645					1900	912
1864	624	1884	698					2000	538

In dieser Tabelle bezeichnen die Zahlen in der mit N überschriebenen Kolumne den Knotenabstand des Mondes in Tausendsteln des Kreisumfanges. Man zählt nun für eine bestimmte Zeitepoche die N für die Jahre, Monate und Tage zusammen, streicht die herauskommenden Tausender weg und zieht den Rest von 500 ab, oder falls er größer ist, 500 von diesem Reste und bleibt dann übrig:

a) für Sonnenfinsternisse

zwischen 0 und 38, so ist die Finsterniß gewiß
„ 39 „ 53, „ „ „ zweifelhaft
„ 54 „ 500, „ „ „ unmöglich.

b) für Mondfinsternisse

zwischen 0 und 25, so ist die Finsterniß gewiß
„ 26 „ 35, „ „ „ zweifelhaft
„ 36 „ 500, „ „ „ unmöglich.

Ein Beispiel wird Ihnen den Gebrauch der Tafel klar machen.

Halley sagte auf Grund der oben erklärten Finsternißperiode eine Sonnenfinsterniß für den 2. Juli 1684 voraus. Sehen wir, was unsere Tafel dazu sagt.

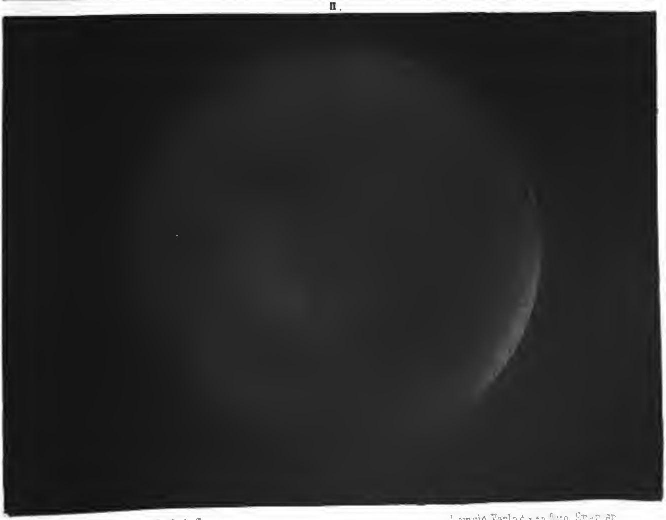
Für 1884 giebt sie . . .	N =	698
Veränderung in 200 Jahren		257
Juli 0		526
Für 2 Tage		3
	Summa	1484
	abgezogen	1000
	Rest	484

Zieht man diesen Rest von 500 ab, so bleibt 16, die Finsterniß ist also gewiß eingetroffen.

I.



II.



Wunder d Sternenwelt 2. Aufl.

Leipzig Verlag von Otto Spamer

ANBLICK DES MONDES IM ERDSCHATTEN

I. bei partialer u. II. bei totaler Verfinsterung.

Unter theilweiser Benutzung einer Abbildung in Guillemin's Le Ciel

Lith. u. Druck v. E. N. Strassberger Leipzig

Für die totale Sonnenfinsterniß von 7. August 1869 hat man:

Für 1869	N =	895
August 0		614
Sieben Tage		17
	Summa	1526
	abgezogen	1000
	Rest	526. — 500 = 26.

Die Tafel zeigt also in Uebereinstimmung mit der Wirklichkeit, daß die Finsterniß eintrat.

Die Verfinsterungen der Sonne und des Mondes haben von jeher die Aufmerksamkeit der Menschen auf sich gezogen, und der Aberglaube hat an sie bis in die neueste Zeit eine unheilvolle Bedeutung geknüpft. Sie selbst werden sich eines gewissen unheimlichen Gefühls nicht haben erwehren können, als jenes Schauspiel vor Ihren Augen eintrat, als allmählich das Silberlicht des Mondes schwand und sich mit jenem bald aschfarbenen, bald kupferrothen Schleier überzog. Es liegt diese Wirkung auf unser Gemüth nicht allein in dem außergewöhnlichen, unzeitigen Eintreten der Dunkelheit, sondern noch mehr in der Eigenthümlichkeit dieses Dunkels, in gewissen Färbungen und räthselhaften Nebenerscheinungen, die zum Theil räthselhaft selbst für den wissenschaftlichen Forscher sind. Da haben Sie die seltsam kupferrothe Scheibe des Mondes vor sich. Es würde Sie nicht wundern, wenn der Mond, in den Schatten der Erde gehüllt, also seines einzigen Lichtquells, des Sonnenlichtes, beraubt, Ihren Blicken gänzlich entschwunden wäre. Jenes aschfarbene Licht, in welchem Ihnen die volle Mondscheibe auch zu einer Zeit erscheint, wo sie von der Sonne abgewendet, ihrer Bestrahlung entzogen ist, zur Zeit der ersten und letzten schmalen Mondsichel, findet doch noch eine Erklärung in dem Widerschein der von der Sonne hell erleuchteten Erde. Aber für dieses rothe Licht des verfinsterten Mondes paßt auch diese Erklärung nicht. Die Erde ist ja in nächtliches Dunkel gehüllt. Man könnte an ein eigenes, vom Monde ausstrahlendes, schwaches Licht denken, und berühmte Astronomen wie W. Herschel haben daran gedacht, wenn nicht die Thatsache bestände, daß wirklich bei manchen Mondfinsternissen, nach Kepler bei derjenigen vom 9. Dezember 1601 und der vom 10. Juni 1816, wie nach Hevel's Bericht bei der vom 25. April 1642, und noch neuerdings bei der vom 10. Juni 1816, der Mond völlig vom Himmel verschwand. Die einzige Erklärung bleibt uns in der Atmosphäre unserer Erde zu suchen, durch deren bekannte Lichtbrechung einzelne abgelenkte Sonnenstrahlen zur Mondscheibe gelangen könnten. Die atmosphärische Luft hält bekanntlich einen großen Theil des Sonnenlichtes bei seinem Durchgange auf und zerstreut es nach allen Richtungen. Aber diese Wirkung erstreckt sich nicht gleichmäßig auf alle die verschiedenfarbigen Strahlen, aus welchen sich das weiße Sonnenlicht zusammensetzt. Namentlich sind es die violetten Strahlen, welche vorzugsweise aufgehalten werden, während die rothen am leichtesten durchdringen. Aus einem solchen Uebergewicht der violetten Strahlen erklärt man auch die blaue Färbung unseres reinen Tageshimmels, während das Roth der von der untergehenden Sonne beleuchteten Wolken von dem Uebergewicht der rothen Strahlen herrührt,

welche die unteren, dichteren Schichten der Atmosphäre durchdringen. Jene lichteren rosenrothen Stellen, die Sie wechselnd an der verfinsterten Mondscheibe bemerken, so wie die einzelnen glänzenden Punkte, in denen Herschel einst thätige Mondvulkane zu erblicken glaubte, fänden dann ihre Erklärung in dem Luftzustande derjenigen Theile der Erde, für welche in demselben Augenblicke die Sonne im Horizonte steht.

Weit eigenthümlicher, mannichfaltiger und zum Theil auch heute noch räthselhaft sind die Erscheinungen, welche Sonnenfinsternisse begleiten. Die ganze Natur nimmt an dieser Begebenheit des Himmels Theil, und das Gefühl des Menschen wird unwillkürlich von ihr ergriffen.



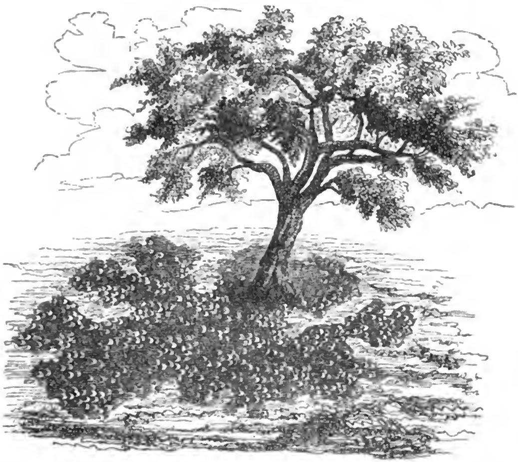
Baumschatten bei freier Sonne.

Das plötzliche Verschwinden des Gestirnes, dem wir vorzugsweise den Genuß der Naturschönheit verdanken, dem der Quell alles irdischen Lebens, die Wärme, entströmt, ist recht geeignet, diejenigen mit Schrecken zu erfüllen, die keine Ahnung von dem naturgesetzlichen Hergange dieser Erscheinung haben. Die Grönländer halten Sonne und Mond für Geschwister und glauben, daß bei einer Sonnenfinsterniß der Mond seine Schwester verfolge. Die Männer tragen dann Kisten, Töpfe und ähnliche dazu geeignete Geräthe heraus und schlagen sie aneinander, um dem Monde Furcht einzuflößen.

Bei den Irokesen herrscht der Glaube, daß jede Finsterniß durch einen bösen Geist bewirkt werde, der das Licht auffange. Um denselben zu vertreiben, pflegen sie ein großes Getöse durch Schießen, Schreien und Wehklagen zu erheben.

Wir dürfen uns nicht wundern, wenn die Völker einer rohen Vorzeit in der verfinsterten Sonne ein Zeichen göttlichen Zornes, eine Drohung furchtbarer Strafgerichte erblickten, wenn die abergläubischen Menschen

verzweifelnd die Häuser verschlossen und händeringend auf die Kniee stürzten oder heulend umherliefen und die Brunnen zudeckten, damit nicht das vom Himmel herabträufelnde Gift sie verderbe. Ward doch noch vor 110 Jahren von einer Königlichen Kriegs- und Domainenkammer in Königsberg in Preußen befohlen, am Tage der bevorstehenden Sonnenfinsterniß kein Vieh auszutreiben und die Brunnen zu verdecken! Ward doch noch bei der großen Sonnenfinsterniß vom 28. Juli 1851 in Wien zu einer Prozession aufgefordert, um durch diese die Folgen des unglücklichen Naturereignisses abzuwenden!



Baumschatten bei partialer Sonnenfinsterniß.

Von der gewaltigen Macht eines solchen Ereignisses über das Gemüth giebt Arago eine vortreffliche Schilderung. Am 9. Juli 1842 waren bei Perpignan gegen 20,000 Menschen aus allen Ständen, Gelehrte, Bürger, Landleute und Soldaten, zusammengeströmt, um die große, im Süden Frankreichs total erscheinende Sonnenfinsterniß zu beobachten. Es waren wol wenige unter diesen Menschen, die nicht von der klarsten Ueberzeugung erfüllt waren, daß diese Erscheinung zu den natürlichen, gesetzmäßigen, berechenbaren gehöre, über die man bei gesundem Verstande keine Ursache habe sich irgend zu beunruhigen. Beim Beginn der Finsterniß schien nur Neugierde und Wetteifer die Menge zu bewegen, die beim Anblick des ersten kleinen Ausschnitts am westlichen Sonnenrande in ein ungeheueres Geschrei ausgebrochen war. Als aber die Sonne, auf einen schmalen Streifen reduzirt, ein schwaches, unsicheres Licht über die Landschaft zu werfen begann, bemächtigte sich eine sichtliche Unruhe der Zuschauenden; Jeder empfand das Bedürfniß, seine Empfindungen den Umstehenden mitzutheilen, und ein dumpfes, dem eines fernen Meeres nach dem Sturme ähnliches

des Sonnenkörpers geliefert haben. Uebrigens war früher die genaue Beobachtung derselben mit großen Schwierigkeiten verbunden, da die ganze Erscheinung in zu raschem Fluge vorübergeht, und ihr überwältigender Eindruck selbst dem Astronomen oft Zeit und Besonnenheit raubte, um von seinen optischen Instrumenten Gebrauch zu machen. Dank den Fortschritten der Wissenschaft, vor Allem der Vervollkommnung des Spektroskops, ist der Astronom gegenwärtig im Stande, zu jeder beliebigen Zeit, wenn die Sonne sichtbar ist, die Protuberanzen zu beobachten.

Wir werden uns zwar, wie ich bereits bemerkte, später genauer mit den Erscheinungen, die sich während der Totalität einer Sonnenfinsterniß darbieten, beschäftigen. Ich will indeß schon hier nicht unterlassen, Ihnen ein Bild der Sonne vorzuführen, das nach Photographien angefertigt ist, die bei der totalen Sonnenfinsterniß des Jahres 1869 in Amerika aufgenommen wurden.

Lassen Sie uns noch die kurze Frist, welche der Verlauf unserer Himmelserscheinung übrig läßt, benutzen, um unseren Blick in jenes Nachbarreich, das wir betreten wollen, etwas zu erweitern. Sonne und Mond, sagte ich Ihnen schon, sind nicht die einzigen nahen Welten, zahllose Weltenscharen von mannichfaltiger, zum Theil seltsamer Naturbeschaffenheit bewegen sich zwischen jenem Fixsternhimmel und uns. Von ihrem Dasein und ihrer Nähe werden wir uns wieder theils durch die Abweichungen ihrer Bewegungen von der scheinbaren täglichen Umdrehung des Himmelsgewölbes, theils durch den Wechsel ihrer Lichtstrahlen, wie durch ihre Verfinsterungen und Bedeckungen überzeugen.

Blicken Sie dort auf jenen schönen Stern am abendlichen Himmel, der Ihnen längst unter dem Namen des Abend- und Morgensternes oder der Venus bekannt sein wird. Wenn Sie auch nichts wüßten von den nahen Beziehungen dieses Sternes zu unserer Erde, so müßte schon sein milder, ruhiger Schein, der an das Licht des Mondes erinnert, gegenüber dem unruhigen Funkeln, den demantartigen Strahlenblitzen der Fixsterne, Ihre Aufmerksamkeit erregt haben. Gewiß haben Sie dieses ruhige Licht auch noch an einigen anderen Sternen des Himmels beobachtet, und die eigenthümliche, sich stets gleich bleibende Färbung desselben wird Sie noch mehr überzeugt haben, daß Sie es hier mit ganz anderen Welten als den in unerreichbarer Ferne funkelnden Fixsternen zu thun haben. Sehen Sie hier den fast grünlichen Schein der Venus, dort oben den sonderbar rothglänzenden Mars, dort den silberhellen Jupiter, dort den düstern, bleichröthlichen Saturn. Betrachten Sie nun vollends diese Sterne durch ein Fernrohr. Während die Fixsterne, wie Sie wissen, trotz aller vergrößernden Kraft des Fernrohres Ihnen immer nur als unmeßbar feine Lichtpunkte erscheinen, ja sogar, da das Fernrohr sie der blendenden Strahlen entkleidet, in stärker vergrößernden Fernröhren noch verkleinert zu werden scheinen, erblicken Sie hier wirkliche Scheiben, die sich gleich irdischen Gegenständen mit der Zunahme der Vergrößerung auch wirklich vergrößert zeigen.

Folgen Sie nun aber auch dem Laufe eines solches Sternes am Himmel! Sie werden ohne Schwierigkeit erkennen, daß er die Sterne, welche ihn anfänglich zu begleiten scheinen, bald verläßt. Sie werden sogar finden, wenn Sie von Tag zu Tag den Ort dieses Sternes genau verzeichnen, daß er sich mit sehr

ungleichen Geschwindigkeiten bewegt, daß er zu gewissen Zeiten still zu stehen scheint, daß er in Bezug auf die Sterne sich bald von Westen nach Osten, bald von Osten nach Westen, oder bald rechtläufig, bald rückläufig, wie man sagt, bewegt. Verzeichnen Sie nun, wie ich es Ihnen beim scheinbaren Laufe der Sonne oder des Mondes rieth, auch die täglichen Oerter eines solchen Sternes auf eine Himmelskarte, so werden Sie finden, daß die Linie, welche diese Oerter verbindet, und welche die Bahn des Sternes am Himmel darstellt, keineswegs eine solche stetige krumme Linie, etwa ein größter Kreis wie bei Sonne und Mond, sondern eine Linie von außerordentlich verwickelter Form ist, die durchaus in keinem sichtlichen Zusammenhange mit den Stellungen der Fixsterne steht, auf welche Sie etwa die Bewegung des Sternes beziehen möchten. Es wird Ihnen scheinen, als ob Sie es hier mit einer völlig regellosen Wanderung durch die Sterne zu thun hätten, und wenn Sie mehrere dieser irrenden Sterne vergleichen, so werden Sie sogar finden, daß einige innerhalb eines Jahres mehr als einen ganzen Umlauf um die Himmelskugel machen, während andere nur mehr oder weniger beschränkte Bogen durchlaufen. Dieser Umstand, diese regellose Form der Bahn ist es namentlich, welche die Alten zu der Benennung von Planeten, d. h. Wandelsternen oder Irrsternen, veranlaßte.



Der scheinbare Lauf der Venus vom Mai bis 31. Okt. 1852.

Aus allen diesen Erscheinungen werden Sie sich überzeugen, daß diese Planeten in der That nicht mit den übrigen Sternen zusammengestellt werden können, das man sie vielmehr mit der Sonne in Beziehung zu setzen suchen muß. Dafür spricht schon die Erfahrung, daß ihre Bahnen sich nie weit von der Bahn der Sonne entfernen, und daß der ganze Lauf der meisten Planeten innerhalb enger Grenzen von je 8° zu beiden Seiten der Ekliptik eingeschlossen ist. Dieser Gürtel des Himmels ist es, den man im weiteren Sinne den Thierkreis oder den Zodiakus nennt, und seine Bedeutung war schon den Alten nicht unbekannt. Sie waren es auch, welche die noch heute in allen Kalendern bestehende Eintheilung desselben in 12 Zeichen einführten, für welche sie die Namen von den Sternbildern entlehnten, welche sie einschlossen. Den Anfangspunkt für diese Eintheilung bildete, wie noch heute, der Frühlingspunkt. Wir wissen nun aber bereits, daß dieser Frühlingspunkt infolge jener Erscheinung, die wir als das Vorrücken der Nachtgleichen bezeichneten, in einer beständigen rückschreitenden

Bewegung auf der Ekliptik begriffen ist, daß er nicht mehr, wie zu den Zeiten Hippparch's, im Sternbilde des Widders liegt, sondern um mehr als 27° fast zur Mitte des Sternbildes der Fische fortgerückt ist. Sie werden begreifen, daß damit auch die Lage sämmtlicher Zeichen eine andere geworden ist, daß ihre Namen also in keiner Beziehung mehr zu den Sternbildern stehen, deren Stellen sie einnehmen. Halten Sie also daran fest, daß unter den Zeichen des Thierkreises gegenwärtig nichts als eine geometrische Eintheilung desselben zu verstehen ist, deren jeder Theil 30 Grade umfaßt, und ich kann hinzufügen, daß die eigentliche Astronomie sich ihrer als veraltet und unwissenschaftlich längst entledigt hat, und daß sie fast allein noch dienen, unseren Kalendern einen gewissen alt-ehrwürdigen Schein zu verleihen.

Wenn Sie sich die Mühe nehmen wollten, einen dieser Planeten einmal einige Monate hindurch in seinem Laufe am Himmel zu verfolgen, oder, da ich Ihnen dies kaum zumuthen darf, wenn Sie einen Blick auf eine Karte werfen wollen, auf welcher nach astronomischer Beobachtung der Lauf eines Planeten verzeichnet ist, so werden Sie bemerken, daß der Planet nicht immer dieselbe Stelle zur Sonne behält, daß er sich bald von ihr entfernt, bald ihr nähert, daß er bald östlich, bald westlich von ihr steht. Sie würden ferner bemerken, wenn Sie sich etwa die Venus oder den Merkur zur Beobachtung gewählt hätten, daß diese Planeten sich nie sehr weit von der Sonne entfernen, daß sie gewisse Grenzen innehalten und, sobald sie diese erreicht haben, sofort zur Sonne zurückzukehren anfangen. Bei anderen Planeten würden Sie freilich nichts von solchen Grenzen der Entfernung sehen. Sie würden dieselben bisweilen sogar in solchen Abständen von der Sonne finden, daß sie gerade den der Sonne entgegengesetzten Punkt des Himmels einnehmen. Ich kann Ihnen jetzt schon sagen, daß man nach diesen Eigenheiten die Planeten wirklich in zwei Gruppen scheidet, daß man die ersteren untere, die letzteren obere Planeten nennt; die eigentliche Bewandtniß aber, die es damit hat, wird Ihnen erst später ganz klar werden.

Für jetzt wollen wir nur den Lauf eines Planeten und zwar der Venus, also eines untern Planeten, ins Auge fassen. Gesetzt, Sie hätten eines Abends kurz nach Sonnenuntergang die Venus am Horizonte aufgesucht, und Sie hätten sie gar nicht weit von jenem Punkte gefunden, wo die Sonne soeben verschwunden war. Sie wird Ihnen nicht lange sichtbar gewesen sein; denn die allgemeine Bewegung des Himmels hat auch sie bald mit ihren Nachbargestirnen zum Horizonte hinabgeführt. An den folgenden Tagen würden Sie die Venus zur selben Stunde zwar noch in derselben Gegend des Himmels sehen, aber sie würde sich Ihnen mehr und mehr von jenem Punkte des Sonnenunterganges zu entfernen und sich immer später zum eigenen Untergange zu bereiten scheinen. Nach Verlauf einiger Zeit würde es Ihnen aber dünken, als ob keine solche Zunahme in der Entfernung des Planeten von der Sonne mehr stattfinde, als ob er vielmehr am Sternhimmel völlig still stehe. Noch später würden Sie es sich sogar nicht mehr verschweigen können, daß er eine entgegengesetzte Bewegung angenommen hat, daß er sich dem Sonnenuntergangspunkte wieder merklich nähert, also in Bezug auf die Bewegung der Sterne geradezu rückwärts schreitet, wie der Astronom sagt, rückläufig geworden ist.

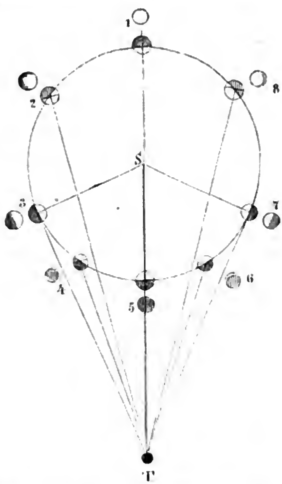
Endlich würde sogar ein Zeitpunkt eintreten, wo die Venus in eine solche Nähe zur Sonne gekommen ist, daß Sie sie trotz ihres so strahlenden Glanzes nicht mehr erblicken können, und wenn Sie auch warten wollten, bis das Licht der Dämmerung, das sie Ihnen vielleicht zu entziehen scheint, verblichen ist; sie ist längst in die Strahlen der untergehenden Sonne gehüllt unter den Horizont getaucht. Aber nicht lange würde es dauern, und Sie würden sie wieder beobachten können, jedoch nicht mehr im Osten, sondern im Westen der Sonne, und Sie würden darum früh am Morgen vor Sonnenaufgang sich erheben müssen, um sie am dämmernden Horizonte auftauchen zu sehen. Auch jetzt würden Sie dieselbe von Tage zu Tage weiter von dem Sonnenaufgangspunkte sich entfernen, immer früher kommen, immer höher am Himmel aufsteigen sehen, bis sie Ihnen abermals still zu stehen und endlich ihre rückläufige Bewegung unter den Sternen, ihre abermalige Annäherung zur Sonne anzutreten schiene. Wieder würde sie Ihnen dann in den Strahlen der aufgehenden Sonne mehrere Tage entschwinden, um von Neuem an dem abendlichen Himmel im Dämmerlicht der untergehenden Sonne zu erscheinen.

Der ganze Lauf des Planeten würde Ihnen hiernach also wie ein stetes Hin- und Herschwanken zu beiden Seiten der Sonnenbahn vorkommen. Für den Planeten Merkur gestaltet sich dieses Schwanken genauer in folgender Weise. Wenn er der Sonne scheinbar am nächsten steht und seine vollbeleuchtete Scheibe, die gleichzeitig am kleinsten erscheint, der Erde zuwendet, so bewegt er sich gegen Ost bis zu einer Entfernung von nahezu 23° von der Sonne mit ziemlicher Geschwindigkeit. Dann nimmt letztere rasch ab und die Entfernung von der Sonne vermindert sich nach und nach bis auf 18°, obgleich der Planet Merkur selbst unter den Sternen noch immer langsam nach Osten schreitet. Sobald jener Abstand von 18° erreicht ist, hört aber die scheinbare Bewegung des Planeten eine Zeit lang ganz auf, er wird stationär, um schließlich eine rückläufige Bewegung anzunehmen, durch welche er sich, bei zunehmender Größe seiner Scheibe, der Sonne immer schneller nähert und endlich in ihren Strahlen verschwindet. Die Scheibe erscheint während dieser Zeit nicht voll beleuchtet, sondern sichelartig wie der Mond, und die leuchtende Sichel wird immer schmaler, je näher der Planet der Sonne kommt. Nachdem er einige Zeit in den Sonnenstrahlen verschwunden war, erscheint unser Planet als schmale Sichel westlich von der Sonne und entfernt sich mit abnehmender Geschwindigkeit bis zu 18° von ihr, worauf er wieder stationär wird. Hierauf wird seine Bewegung wieder direkt, aber sie ist sehr langsam, sodaß die Entfernung von der Sonne bis auf 23° steigt, dann nimmt sie wieder ab und der Planet nähert sich dem Tagesgestirn wieder mit wachsender Schnelligkeit, wobei der beleuchtete Theil der Scheibe mehr und mehr zunimmt, die Scheibe selbst aber immer kleiner wird, bis zuletzt die Strahlen der Sonne den Planeten verdecken. Nach einiger Zeit beginnt dann der so jetzt geschilderte Vorgang aufs Neue und ist derselbe überhaupt in eine Periode von 116 Tagen Dauer eingeschlossen, von denen 17½ Tage auf die Zeit der rückläufigen Bewegung kommen.

Sie sehen, daß die Bewegung des Merkur ähnlich verläuft wie diejenige der Venus. Dabei ist jedoch Folgendes zu bemerken. Es entfernt sich nämlich

Venus bis zu 28° von der Sonne, ehe sie stationär wird, und ihre größte Ausweichung erreicht 46½° Die ganze Dauer dieser Bewegungen umfaßt 582 Tage, wovon 41 auf die Zeit des retrograden Laufes kommen.

Fassen Sie aber nun diese Erscheinung im Ganzen ins Auge und versuchen Sie daraus einen Schluß auf die wirkliche Bewegung des Planeten zu ziehen, so werden Sie nothwendig zu der Vermuthung kommen, daß sich der Planet in einer Bahn um die Sonne bewegt, welche von dieser gleichsam bei ihrer scheinbaren Bewegung um die Erde mit sich fortgeführt wird. Ich will Ihnen zur Verdeutlichung die Vorstellung, welche Sie dadurch vom Laufe eines solchen Planeten erhalten werden, geradezu bildlich darstellen. Denken Sie sich die Sonne in S, sich selbst und die Erde in T, den Planeten aber zunächst in jener Stellung (1) jenseit der Sonne, die man als seine obere Konjunktion mit der Sonne bezeichnet. Er wird Ihnen dann offenbar seine ganze erleuchtete Scheibe zuwenden. Indem er sich aber weiter ostwärts entfernt, nimmt die Größe der Erleuchtung ab, und wenn er seinen größten Abstand (in 3) erreicht hat, zeigt sich nur noch die Hälfte der Scheibe erleuchtet. Jetzt beginnt die rückläufige Bewegung des Planeten, seine Scheibe schwindet zur Sichel, und er tritt endlich (in 5) in seine **untere Konjunktion**. In dieser Stellung des Planeten kann sich eine Erscheinung ereignen, die sich ganz mit jenen Verfinsterungen der Sonnenscheibe durch den Mond, von denen vorhin die Rede war, vergleichen läßt. Auch die Bedingung für den Eintritt der Erscheinung ist dieselbe wie dort, der Planet muß in der Ebene der Ekliptik sich befinden. Allerdings fehlt ihr jene Großartigkeit; der Planet zeigt sich nur als ein kleiner schwarzer Fleck auf der Sonnenscheibe, der aber doch nicht mit den dieser Scheibe eigenthümlichen Flecken verwechselt werden kann, schon um seiner genauen Kreisform willen, noch mehr wegen der gleichförmigen Bewegung, mit welcher er vor der Sonnenscheibe vorübergeht. Daß diese Planetendurchgänge nicht vor der Entdeckung der Fernröhre beobachtet werden konnten, versteht sich wol von selbst; daß sie übrigens ziemlich seltene Erscheinungen sind, da im Mittel allerdings 10—12 Merkurdurchgänge, aber nie mehr als 2 Venusdurchgänge sich in einem Jahrhundert ereignen, und von welcher Wichtigkeit ihre Beobachtung endlich für die astronomische Forschung geworden ist, darüber werden Sie erst später zu einer klaren Einsicht kommen, wenn ihnen die Bahnen und die Gesetze der Planetenbewegung genauer bekannt



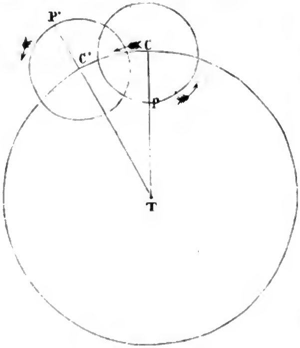
Bewegung eines unteren Planeten um die Sonne, von der Erde aus gesehen.

geworden sind. Daß sie eben so scharf und sicher vorausberechnet werden können, wird Ihnen schon jetzt nicht mehr unbegreiflich scheinen. Die nächsten Merkurdurchgänge werden stattfinden: im Jahr 1878 am 6. Mai, 1881 am 7. November, 1891 am 9. Mai, 1894 am 10. November. Der nächste Venusdurchgang findet statt 1882 am 6. Dezember und es werden dann $121\frac{1}{2}$ Jahre vergehen, bis abermals ein Venusdurchgang eintritt, am 7. Juni 2004. Doch nun wieder zurück zur Bewegung der Planeten.

Sie werden sich selbst aus meinen Bildern den weiteren Verlauf eines Planeten in seiner Bewegung um die Sonne verdeutlichen können, wie er nach seiner unteren Konjunktion, noch immer rückläufig, weiter und weiter westlich abweicht, endlich still zu stehen scheint, dann rechtläufig sich der Sonne nähert, bis er mit ihr wieder die obere Konjunktion erreicht, und wie dabei beständig wachsend seine Sichelgestalt allmählich zur vollen Scheibe sich ausdehnt. Aber wir haben bisher nur einen der unteren Planeten im Auge gehabt. Anders werden sich die Erscheinungen bei den oberen Planeten gestalten. Auch sie werden uns allerdings zu gewissen Zeiten, wo die Sonne sie verbirgt, also zur Zeit ihrer oberen Konjunktion unsichtbar werden. Auch sie werden uns einen steten Wechsel von rechtläufiger und rückläufiger Bewegung, werden uns Stillstände zeigen; aber sie werden sich zugleich so weit nach Osten und Westen von der Sonne entfernen, daß sie zu gewissen Zeiten geradezu am entgegengesetzten Orte des Himmels, also, wie der Astronom sagt, in Opposition mit ihr stehen. Zugleich werden sie uns, mit Ausnahme eines einzigen, keinen merklichen Lichtwechsel zeigen und am allerwenigsten jemals vor der Sonnenscheibe vorübergehen. Wir können also aus diesen Thatsachen wohl schließen, daß die Sonne bei der Bewegung der oberen Planeten eine ebenso wichtige Rolle wie bei jener der unteren spielt, aber wir werden zugleich zu der Annahme gezwungen, daß sie sich in Bahnen um die Sonne bewegen müssen, deren Halbmesser beträchtlich größer sind als die Entfernung der Erde von der Sonne, also in Bahnen, die unsere Erdbahn umschließen. Ohne diese Annahme wären wir ja gar nicht einmal im Stande zu erklären, daß diese Planeten, mit Ausnahme der Zeiten ihrer Konjunktion, uns zu allen Zeiten am Himmel sichtbar sind.

Welches Kopfzerbrechen diese scheinbaren Bewegungen der Planeten, wie sie von der Erde aus beobachtet werden, durch ihre Unregelmäßigkeiten, besonders durch die Stillstände und Rückläufe, den Alten verursacht haben müssen, können Sie sich vorstellen. Dichter und Philosophen fanden hier ein freies Feld für ihre Phantasie, und wie kühn sie dieser die Zügel schießen ließen, davon liefert der große Lehrmeister der Baukunst, Vitruv, einen Beweis. „Wenn die Planeten“, sagt er, „welche oberhalb der Sonne ihren Lauf haben, mit ihr im Gedrittschein stehen, d. h. ihre größte Ausweichung erreicht haben, so schreiten sie nicht weiter vor, sondern stehen still oder weichen selbst zurück. Einige glauben, es geschehe darum, weil die Sonne dann weit von ihnen entfernt sei und ihnen nur wenig Licht zusende, sodaß sie ihren Weg in der Finsterniß nicht finden könnten.“ Vitruv selbst verwirft diese Erklärung als eine gar zu abenteuerliche, aber nur, um eine nicht minder seltsame an die Stelle zu setzen. Er hält sich an die Worte des Dichters Euripides, „daß das von der Sonne Entferntere viel

stärker erhitzt werde, und daß das ihr Nähere nur eine mäßige Wärme besitze", und meint, daß, wie die Kälte auf den Gipfeln hoher Berge von der Nähe der Sonne herrühre, so die langsamere Bewegung der Planeten in der größeren Entfernung von der Sonne von einer kräftigeren Wirkung der Sonnenwärme, von einer größeren Anziehung herrühre. Die Astronomen des Alterthums hielten sich freilich von solchen Abenteuerlichkeiten fern, aber auch sie wußten die Lösung dieser schwierigen Aufgabe nicht anders zu finden als mit Hülfe einer Hypothese, welche zwar eine Erklärung gewährte, aber doch mit den einfachsten und klarsten Grundsätzen aller Mechanik im offensten Widerspruch stand. Es war dies die berühmte Theorie der Epicykeln.



Die Epicykeln.

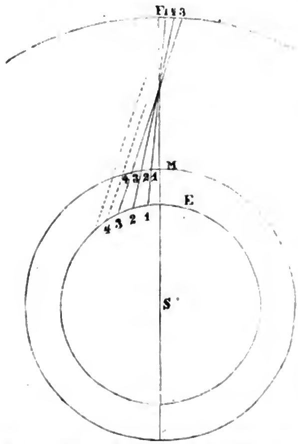
Nach ihrer philosophischen Ueberzeugung, daß die gleichförmige Bewegung die regelmäßigste und allein naturgemäße und der Kreis die vollkommenste und vornehmste aller krummen Linien sei, glaubten die Alten, daß auch alle planetarischen Bewegungen gleichförmig in Kreisen erfolgen müßten. Um nun die Unregelmäßigkeiten, die Stillstände und den Wechsel recht- und rückläufiger Bewegungen zu erklären, ließen sie den Planeten nicht unmittelbar einen Kreis um die Erde beschreiben, sondern nahmen für seine Bahn einen zweiten kleineren Kreis auf dem Umfange des ersten an, der von dem Planeten durchlaufen würde, während sein Mittelpunkt zugleich sich gleichförmig auf dem Umfange des ersten Kreises fortbewege. Dieser erste Kreis, in dessen Mittelpunkt die Erde sich befinden sollte, wurde Circulus deferens, der zweite in dessen Umfange der Planet angenommen wurde, hieß der Epicykel. Sie werden leicht begreifen, daß auf diese Weise der Lauf eines Planeten, von der Erde gesehen, sich aus zwei Bewegungen zusammensetzt, daß seine fortschreitende Bewegung, die durch die Bewegung des Mittelpunktes des Epicykels dargestellt wird, durch die Bewegung des Planeten selbst im Umkreise des Epicykels bald verstärkt, bald verringert oder sogar aufgehoben werden muß. Daß diese Hypothese in der That hinreicht, um die meisten Ungleichheiten in der Planetenbewegung zu erklären, daß sie sogar bei einer genügenden Vervielfältigung der Epicykeln im Stande ist, alle Ungleichheiten in der Winkelbewegung der Planeten darzustellen, ist nicht zu leugnen. So sinnreich sie aber auch ist, so vermag sie doch vor dem Richterstuhl der Mechanik nicht zu bestehen, da es unbegreiflich bleiben muß, wie ein Körper sich um einen ideellen Punkt und nun gar dieser ideelle Punkt um einen Körper bewegen soll. Völlig erschüttert wird die Hypothese aber erst dadurch, daß sie nicht im Stande ist, auch die Aenderungen in der Entfernung der Planeten, die auffallenden Unterschiede in der scheinbaren Größe ihrer Scheiben zu verschiedenen Zeiten ihres Laufes zu erklären.

Von diesen Aenderungen hatte das Alterthum freilich keine rechte Vorstellung. Erst unseren Tagen ist es vorbehalten worden, sie durch mikrometrische Messungen genau festzustellen. Wie groß aber diese Unterschiede werden können, dafür will ich Ihnen ein Beispiel von der Venus entlehnen, die sich freilich mehr als jeder andere Planet der Erde zu nähern vermag. Der scheinbare Durchmesser der Venusscheibe schwankt nämlich zwischen $9\frac{1}{2}$ und 62 Sekunden.

Wir nähern uns dem Schlusse unserer Betrachtung, der einfachen Lösung jener scheinbaren Verwirrung, die uns im Laufe der Planeten am Himmel entgegentrat. Sie wissen bereits, daß das einfachste Mittel, die scheinbare Verwicklung einer Bewegung zu entwirren, darin besteht, daß wir einen anderen Ort für unsere Beobachtung wählen und zusehen, ob nicht dadurch Ordnung an die Stelle des Regellosen und Willkürlichen tritt. Wo anders aber sollten wir unseren Beobachtungsort für die Planetenbewegung wählen, als im Mittelpunkt der Sonne, deren nahe Beziehungen zu ihr uns bereits so vielfach entgegentraten. Das heißt keineswegs so Unmögliches gefordert, als es scheint. Man kann sich sehr leicht ein Bild von den Bewegungen eines Planeten am Himmel verschaffen, wie sie einem im Mittelpunkt der Sonne befindlichen Beobachter sich darstellen müssen. Derselbe Fixstern, welcher den Ort eines Planeten zur Zeit seiner Opposition für den irdischen Beobachter bezeichnet, muß ihn auch für den Beobachter auf der Sonne bezeichnen, da zu dieser Zeit ja eine gerade Linie die Sonne, Erde und Planeten miteinander verbindet. Dasselbe wird in jeder Konjunktion stattfinden. Beobachtet man also von Opposition zu Opposition und von Konjunktion zu Konjunktion diese Planetenörter und verbindet man dieselben endlich untereinander, so erhält man den ganzen Umlauf des Planeten, wie er sich für den Mittelpunkt der Sonne darstellt. Man wird finden, daß diese Bahn die Form eines Kreises hat, und daß die Bewegung des Planeten in ihr unberührt von allen jenen Unregelmäßigkeiten der Stillstände und Rückläufe ist; nur ganz gleichförmig wird sie nicht sein. In der Zwischenzeit zwischen zwei Zusammenkünften des Planeten mit der Sonne wird es nun offenbar einen Zeitpunkt geben, wo Erde und Planet einen rechten Winkel mit der Sonne bilden. Zu dieser Zeit wird man aber sehr leicht aus dem Winkel, welchen der Ort der Sonne mit dem Ort des Planeten am Himmel für den irdischen Beobachter einschließt, mittels eines einfachen geometrischen Verfahrens das Verhältniß zwischen den Entfernungen der Erde von der Sonne und des Planeten von der Sonne berechnen können. Sie sehen also, daß man im Stande ist, von der ganzen Bahn eines Planeten um die Sonne in allen ihren Einzelheiten eine genaue Zeichnung zu entwerfen, und das Endresultat würde sein, daß diese Bahn auch nicht ein Kreis, sondern eine der Erdbahn ähnliche Ellipse ist.

Sie werden mit dieser letzten Entscheidung freilich nicht zufrieden sein. Sie werden verlangen, daß, wenn denn durchaus jene sonderbaren Unregelmäßigkeiten, die Stillstände und Rückläufe der Planeten, in Wirklichkeit nicht stattfinden, daß, wenn sie durchaus nichts als die Wirkung eines Scheines, einer Täuschung, veranlaßt durch die Beweglichkeit des eigenen Standpunktes, sein sollen, doch auch eine Erklärung dafür gegeben werde, wie und durch welche besondere Verhältnisse diese Täuschung erzeugt werde. Auch das soll in aller

Kürze noch geschehen. Bei dem Versuche, die Bahnen der verschiedenen Planeten vom Mittelpunkte der Sonne aus zu bestimmen, würden Sie gefunden haben, daß diese Bahnen in sehr verschiedenen Abständen von der Sonne liegen, daß sie von den Planeten in verschiedenen Zeiträumen und also auch mit verschiedener Geschwindigkeit durchlaufen werden. Im Allgemeinen würden Sie erkennen, daß die Geschwindigkeit eines Planeten um so größer ist, je näher er der Sonne steht. Denken Sie sich nun einfach einen solchen Planeten M, also etwa den Mars, zur Zeit seiner Opposition mit der Sonne seinen Lauf von West nach Ost antretend und in gleichen Zeiträumen nacheinander die Stellungen 1, 2, 3 einnehmend, so wird die Erde E vermöge ihrer größeren Geschwindigkeit in den gleichen Zeiträumen in die weiter auseinander stehenden Orte 1, 2, 3 eingerückt sein. Wollen Sie sich also Gesichtslinien von den Orten der Erde zu den wirklichen Orten des Planeten ziehen, so werden diese offenbar Sterne am Himmel treffen, die rechts von dem Stern F stehen, welcher den Ort des Planeten zur Zeit seiner Opposition bezeichnete, und der Planet wird sich scheinbar nach rechts, also nach Westen, bewegen. Erst wenn die stärkere Krümmung der Erdbahn sich geltend macht und die Bewegung der Erde eine immer schrägere Richtung gegen die Gesichtslinie annimmt, wird diese Täuschung aufhören. Es wird dann ein Zeitpunkt eintreten, wo die Gesichtslinien einander parallel werden, also mehrere Tage lang denselben Stern treffen, und der Planet wird dann, obwol er beständig vorgerückt ist, unbeweglich still zu stehen scheinen.



Die Ursache der Rückläufe und Stillstände der Planeten.

So haben denn die Erscheinungen der Stillstände und Rückläufe in der Planetenbewegung ihre einfache Lösung in der Thatsache gefunden, daß die Erde ein Planet wie jeder andere ist; sie haben, richtig erkannt und gedeutet, einen der sichersten Beweise für das tägliche Fortrücken unseres Erdkörpers geliefert. Was wir aber für unsere Wanderung gewonnen haben, ist mehr. Wir haben uns durch die Betrachtung der scheinbaren Planetenläufe eine weite, reiche Welt in nächster Nähe eröffnet. Denn was diesseit des ewigen Fixsternhimmels wandelt, ist nah, ist ein Glied der nächsten Heimat, die wir zu betreten haben. Was in seinen Bewegungen noch so deutliche Spuren unserer eigenen Ortsveränderung trägt, was zum Theil selbst gleich dem Schatten unserer Erde verdunkelnd vor der Sonnenscheibe vorüberzieht, das kann nicht in unerreichbarer Ferne schweben.



Innere Ansicht eines Ringgebirges auf dem Monde, nach Nasmyth.

Zweites Kapitel.

Der Mond.

> Anschaun, wenn es Dir gelingt,
> Daß es erst ins Inn're dringt,
> Dann nach außen wiederkehrt,
> Bist am herrlichsten belehrt.

Dunkle Nacht umfängt uns. In wunderbarer Reinheit breitet sich der Sternenhimmel über uns aus; kein Wölkchen trübt ihn; wie Demanten funkeln auf tief schwarzem Sammt die Sterne. Gerade im Zenith leuchtet in unbeweglicher Ruhe eine mächtige, die uns bekannte Mondscheibe dreizehnmal an Größe übertreffende Scheibe, deren eine Hälfte einen düsteren aschgrauen Schimmer, die andere einen silbernen Glanz aussendet, der sich gegen die Mitte hin zum blendenden Weiß steigert. Von dem Glanze dieser Scheibe erleuchtet, breitet sich unter uns eine schattenlose Landschaft aus. Deutlich erkennen wir die zerrissenen Wände eines riesigen Gebirgswalles, der uns rings umschließt; deutlich erblicken wir auf dem Grunde der kraterförmigen Vertiefung, aus welcher sich der Bergkegel, auf dem wir uns befinden, erhebt, jeden Hügel und jede Spalte.

Die Nacht neigt sich ihrem Ende zu. Das verkündet uns der Glanz der am Morgenhimmel auftauchenden Venus. Kein anderes gewohntes Anzeichen freilich läßt uns den nahen Anbruch des Tages erwarten, kein Erbleichen der Sterne, kein vom Morgenlicht rosig umsäumtes Wölkchen über den nahen Bergen. Da erscheinen plötzlich im Westen kleine blendend helle Lichtfunken, die sich schnell vergrößern und zu schmalen, wellenförmigen Lichtsäumen zusammenschießen.

Wir erkennen sie bald als die höchsten Gipfel des westlichen Gebirgswalles, die von den ersten Strahlen des uns noch verborgenen Sonnenrandes getroffen werden. Unter uns ist nun eine tiefschwarze Nacht hereingebrochen, und vergeblich bemühen wir uns noch den Fuß jener Gebirgswand zu erkennen, deren oberer, grell beleuchteter Rand gleichsam am schwarzen, sternbesäeten Himmel zu schweben scheint. Endlich taucht über den Bergen im Osten, wo wir längst einen seltsamen weißen, pyramidal aufsteigenden Schein gewahren konnten, ein schmaler weißer Lichtsaum auf, dem bald in blendender, strahlenloser Pracht die Sonnenscheibe selbst folgt.

Die Physiognomie der Landschaft hat sich jetzt völlig verändert. Es ist heller Tag auf unserem Berggipfel geworden, und sein langer, spitzer Schatten zeichnet sich schroff an der erleuchteten Terrasse des westlichen Gebirgswalles ab. Ueber uns glänzen noch immer am schwarzen Himmelszelte die Sterne, und am Zenith schwebt noch immer, wie festgeheftet, die Riesenscheibe, deren leuchtender Theil jetzt aber die Gestalt einer Sichel angenommen hat. Unter uns in der Tiefe herrscht undurchdringliche Nacht. Selbst der nahe Gebirgswall im Osten hat sich unseren Blicken wieder gänzlich entzogen. Dieser Kontrast zwischen der blendenden Lichtfülle oben und der schwarzen Finsterniß unten erfüllt uns mit unheimlicher Bangigkeit. Es dünkt uns fast, als schwebe dieser hell erleuchtete Berggipfel, auf dem wir stehen, frei im dunkeln Raume. Aber allmählich entwickeln sich auch die Einzelheiten der Landschaft mehr. Namentlich gegen Westen zeigen sich die ganzen Terrassen des Gebirges deutlich erhellt, und wir erblicken an ihrem Fuße zahlreiche kleine Krater und glänzende Hügel. Nur soweit die meilenlange finstere Kegelgestalt des Schattens reicht, welchen unser Berg nach Westen wirft, und in den tiefen schmalen Thalschluchten und Spalten herrscht schwarze Finsterniß.

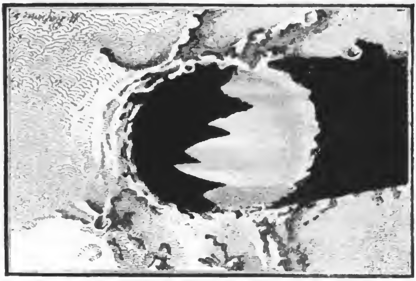
Ein seltsamer Morgen! Wie durch Zauberschlag brach er plötzlich herein. Keinen thierischen Laut erweckte der neue Tag, keinen Windeshauch, kein Säuseln der Blätter. Kein Vogel stieg zu dem schwarzen Himmel auf; keine Blume am öden Boden öffnete ihr sinniges Auge dem Morgenlicht. Alles stumm und farblos! Vergebens sehnt sich das Auge nach einem Schmucke der Landschaft, nach blauen Seeflächen oder grünen Wäldern und Wiesen, nach rauschenden Wasserstürzen oder schneebedeckten Berghäuptern, selbst nach Wolken und Wolkenschatten.

Diese Landschaft gehört der Erde nicht an; es ist eine Mondgegend. Schauen Sie sich jetzt noch einmal um, und Sie werden Alles erklärlich finden. Das plötzliche Hereinbrechen des Tages, das Glänzen der Sterne am Tageshimmel, die Schwärze und Schärfe der Schatten, der Mangel an Tönen und Farben, wenigstens für Ihre Organe, — das Alles ist nur die Folge davon, daß es hier auf dem Monde an einer nach irdischen Begriffen irgendwie wahrnehmbaren Atmosphäre fehlt. Der weiße pyramidale Schein, welchen Sie dem eigentlichen Sonnenaufgang vorangehen sahen, ist das Ihnen in der trüben Atmosphäre Ihrer irdischen Heimat so selten zu sehen vergönnte Zodiakallicht. Die leuchtende Riesenscheibe am Zenith ist die Erde, und der blendende Glanz in ihrer Mitte ging von dem ewigen Schnee und Eise ihres Poles aus. Freilich mußte sie Ihnen festgeheftet erscheinen, weil der Mond ja keine von der Erde unabhängige Rotation besitzt, und sich nur in gewissem Sinne um seine Axe dreht.



Ideale Ansicht einer Mondlandschaft.

Es geschieht dies nur, indem er die Erde umkreist und darum auch dieser stets dieselbe Seite zuwendet. Sehen Sie, wie die Sterne des Thierkreises langsam an dieser Scheibe vorüberziehen! Hätte ich Sie gestern hierher geführt, — aber bedenken Sie, daß ich von einem Gestern auf dem Monde spreche, und daß dieses Gestern auf Erden bereits volle drei Wochen hinter uns liegt — hätte ich Sie also gestern am hellen Mittage auf den Mond geführt, so hätten Sie ein seltsames Schauspiel erleben können, eine totale, stundenlange Sonnenfinsterniß, die stets nur am Mittag in einer solchen Mondlandschaft sich ereignen kann. Sie hätten dann die Sonne am hellen Tage erlöschen und schwarze Nacht den mit zahllosen Sternen besäeten Mittagshimmel verhüllen sehen. Sie hätten dann gesehen, wie nach und nach die Berge im Westen in den finsteren Schattenmantel der Erde versanken, bis er die ganze Mondfläche deckte, und nun die mächtige schwarze Erdscheibe sich von dem breiten glänzenden Lichtkranz ihrer Atmosphäre umgeben zeigte, dessen feurige Glut ringsum die Berge mit rothem Schimmer beleuchtete, ähnlich dem Wiederschein eines Nordlichts in irdischer Winterlandschaft!



Ringgebirge des Mondes nach Aufgang der Sonne.

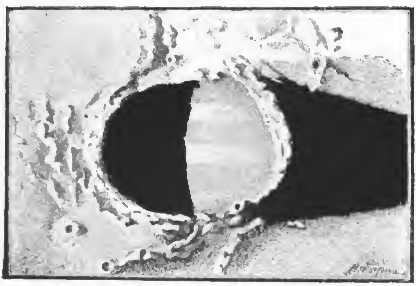
Sie werden nun Verlangen danach tragen, etwas tiefer in die Naturverhältnisse, wenigstens in die Formenwelt dieses Weltkörpers eingeführt zu werden, und das soll geschehen, sobald Sie sich über die Lage Ihres Standortes auf dem Monde einigermaßen orientirt haben. Das dürfte Ihnen aber nicht schwer fallen, denn Sie haben an dem Stande der Erdscheibe am Himmel einen ziemlich sicheren Kompaß, wie Sie die wechselnden Lichtgestalten dieser Scheibe und noch besser die vorüberziehenden Bilder ihrer Land- und Wassermassen recht gut als Uhr gebrauchen können. Der Stand der Erdscheibe am Zenith zeigt Ihnen also an, daß Sie sich nahezu in der Mitte der unserer Erde zugewandten Mondfläche befinden. Der Berg selbst, auf dem Sie stehen, gehört einem jener eigenthümlichen ungeheuern Wallgebirge des Mondes an, die Sie bald näher kennen lernen sollen, und ist der aus der Kratertiefe aufsteigende Centralberg desselben.

Im Anschauen der Mondlandschaft, die sich vor Ihnen ausbreitet, werden Sie ohne Zweifel gestehen, daß die irdischen Begriffe, die Sie sonst mit Landschaften zu verknüpfen gewohnt sind, hier nicht mehr ganz passen. In der irdischen Landschaft nimmt das Gemüth Theil an dem sinnlichen Eindruck, und ernst oder anmuthvoll, erhaben oder furchtbar spiegelt sich das Bild in unserer Seele; sei es der Reichthum von Thier- und Pflanzenformen oder der Wechsel von Wald und Feld, Berg und Thal; sei es die dunkle Linie, die den Himmel säumt.



Die Erde, vom Monde aus gesehen.

Denken Sie ferner an den Glanz eines über der Wolkendecke schwebenden Schneegipfels oder an die Flammensäule eines Vulkanes oder die dunkelblaue Fläche eines Gebirgssees: was es aber immer sei, das in der irdischen Landschaft unser Auge fesselt, es ist mehr als starre Form, es enthüllt zugleich die Züge eines bedeutungsvollen Lebens. Eine solche physiognomische Betrachtung duldet die Mondlandschaft nicht. Sie kennt nur Formen und Lichtkontraste. Hier schweift das Auge ruhelos über ein wildes, lichtstrahlendes Bergland, und ermüdet von dem Anblick der zahllosen, wild aneinander gedrängten kolossalen Krater, eintönig in ihren Formen, ohne Wechsel des Lichtes und der Farben, wandert der Blick hinüber zu den dunkeln, zackig begrenzten Flächen, die von weiß schimmernden Streifen durchbrochen, von einem blendenden Kranze mächtiger, in schmale nächtige Schatten auslaufender Gebirgsketten umgeben, durch den geheimnißvollen Zauber ihrer Entwicklung aus der Nacht zum Tageslicht den einzigen reizvollen Anblick auf dieser fremdartigen Welt gewähren.



Ringgebirge vor Untergang der Sonne.

Was für den landschaftlichen Charakter der Erde die Vertheilung von Land und Meer oder von Ebene und Bergland ist, das ist, abgesehen von den farbigen Lebensgewändern, für den Mond die Vertheilung der dunkeln Flächen, die man sonst für Meere hielt, und die darum noch heute als Meere bezeichnet werden, und des sie ringsum scharf begrenzenden hellen Berg- und Hügellandes. Schon wenn Sie mit unbewaffnetem Auge zur Zeit des Vollmondes zu dieser Scheibe aufschauten, war es diese Vertheilung, welche den Eindruck bedingte. Die dunkelgrauen, oft eigenthümlich grün oder braun schimmernden großen Flachländer des Mondes sind vorzugsweise über seine nördliche Hälfte verbreitet. Unebenheiten treten zwar auch in ihnen hervor, aber doch nur vereinzelt und selten und niemals in kolossalen Dimensionen; namentlich erscheinen sie als wurmförmig gewundene, oft kaum 20, nie über 300 Meter hohe graue Bergadern, beulenförmige Auftreibungen, muldenförmige Vertiefungen, kleine Krater, isolirt aufsteigende glänzende Bergkegel, grabenförmig vertiefte sogenannte Rillen und kleine Hügelgruppen. Auch eigenthümliche Lichtstreifen, die von den Wällen mächtiger Ringgebirge ausgehen, durchziehen diese Ebene, ohne aber durch irgend eine Spur einer Bodenerhöhung die Ursache ihres Lichtglanzes anzudeuten. Man hat in diesen Meeren, gegen welche die Mondgebirge stets in abschreckender Schroffheit abstürzen, wie Sie wahrscheinlich in manchem astronomischen Buche schon gelesen haben, Trümmer einer uralten Oberfläche des Mondes zu erblicken geglaubt,

welche später durch innere Gewalten zertrümmert und zum großen Theile von heraufbrechenden helleren Massen überdeckt wurden. Ich werde Ihnen später zeigen, daß diese Ansicht nicht so ganz grundlos ist, und daß die Astronomen, die durch das Fernrohr in der Urgeschichte des Mondes zu lesen versuchten, nicht immer ganz unglücklich gewesen sind.

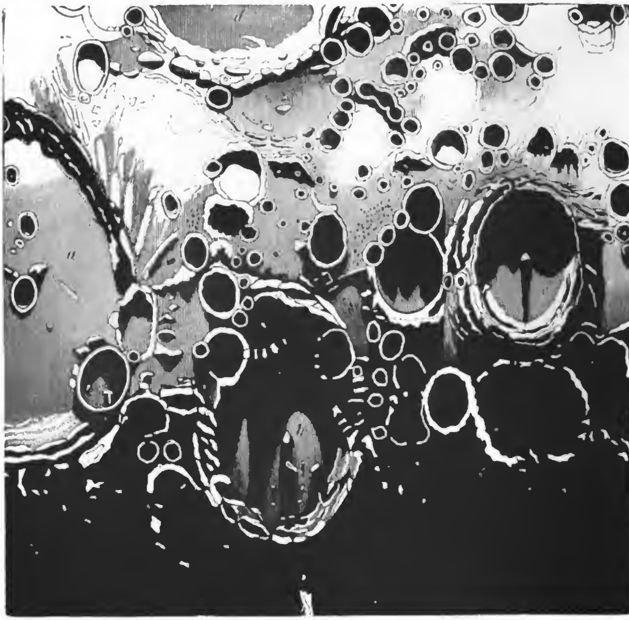
Aber wir müssen noch weiter in der Zerlegung unserer Mondlandschaft vorgehen. Die Vertheilung der Unebenheiten ist es nicht allein, welche ihren Charakter bestimmt, auch die Beleuchtung hat einen Theil daran. Ganz anders erscheint sie im vollen Lichte der hochstehenden Sonne, ganz anders in den schiefen Strahlen der auf- oder untergehenden. Zur Zeit des Vollmondes sind es jene großen dunkeln Flächen, welche den Haupteindruck bewirken, daneben die Radien gleich von einzelnen Ringgebirgen auslaufenden schmalen Lichtstreifen.



Ringgebirge in der Nähe des Mondrandes.

Das eigentliche Detail aber, die Tausende von Hügeln, Bergen und Kratern, die zur Zeit der Mondphasen den Beobachter mit Erstaunen erfüllen, sind in dem Anblick des Vollmondes, des mittäglich erleuchteten Mondes, spurlos verschwunden. Will also der Astronom eine Karte des Mondes zeichnen, so darf er nicht die Zeit des Vollmondes wählen, sondern er muß für jede einzelne Mondgegend den Zeitpunkt abwarten, wo die Sonne nur eine geringe Höhe über dem Horizonte hat und die höchste Schärfe der Profile hervortritt. Eine solche Zeit der deutlichsten Sichtbarkeit tritt für jede Mondlandschaft zweimal innerhalb eines Monats, d. h. eines Tages auf dem Monde ein, einmal am Mondmorgen, bei zunehmenden, das andere Mal am Mondabend, bei abnehmendem Monde, für flache Hügelländer mit dem Sonnenauf- und Untergang selbst, für Hochgebirgsland und Kraterlandschaften bei einer Sonnenhöhe von 3—11 Grad. Hart an der Lichtgrenze des zu- oder abnehmenden Mondes mit einem Worte müssen die Mondlandschaften betrachtet werden, wenn sie gezeichnet werden sollen; denn diese Lichtgrenze bezeichnet die Orte, von denen man auf dem Monde selbst den Auf- oder Untergang der Sonne erblickt.

Die langen schwarzen Schatten, welche die Gebirge dann werfen und die sich oft haarscharf von den beleuchteten Flächen abheben, sind es, welche das Profil der Landschaft in überraschender Deutlichkeit erkennen lassen. Die schmalen Goldsäume erleuchteter Wälle rings um die schwarze Nacht der Kratertiefen und Wallebenen, die Sternen gleich mitten aus der Finsterniß aufblitzenden Gipfel der Centralberge, sie gehören zu den prachtvollsten Scenen des Mondes, welche selbst dem irdischen Beobachter zu schauen vergönnt sind. Mit dem Neigen der Sonne schwindet allmählich diese Pracht; die Schatten an den Bergen und in den Kratern verkürzen sich und zeigen dem Auge neue Gegenstände, die sie bisher verdeckten.



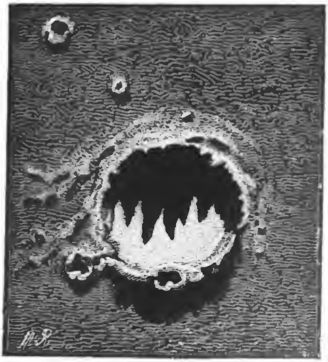
Eine Kraterlandschaft des Mondes bei untergehender Sonne. (Nach Julius Schmidt.)
a. Die Wallebene Clavius; b. die Wallebene Maginus; c. der Krater Tycho; d. die Wallebene Longomontanus.

Haben Sie aber das Staunen über die Pracht des Anblickes überwunden, so will ich in Ihnen ein ernsteres Interesse für diese Schattenlandschaften des Mondes zu wecken suchen. In der Schärfe dieser Schatten wird uns nämlich zugleich ein Mittel geboten, uns eine Kunde über das Profil der Mondoberfläche, über die Höhen und Formen ihrer Berge zu verschaffen, in einer Genauigkeit, wie sie uns selbst für irdische Landschaften nicht gestattet ist. Sie werden sich

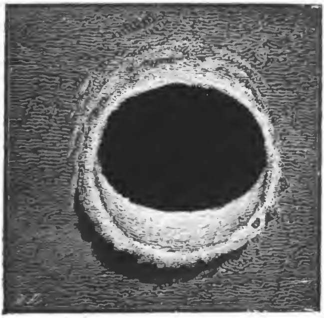
vielleicht manchmal über die Kühnheit gewundert haben, mit welcher der Astronom Höhen von Mondbergen nach Metern angiebt, und Sie werden sich noch mehr wundern, wenn ich Ihnen sage, daß die Höhenangaben für irdische Berge sich noch keineswegs seit langem besonderer Sicherheit erfreuen, daß die Angaben über die Höhe des Pik de Teyde auf Teneriffa noch im vorigen Jahrhundert fast um die Hälfte seiner Höhe schwankten, daß selbst die neueren Messungen der thüringer Berge Unsicherheiten in den früheren Annahmen von mehr als 10 Metern ergeben haben. Was nun die Messung der Höhen von Mondbergen anbelangt, so haben schon die ersten Astronomen, denen es vergönnt war, unseren Trabanten mit Hülfe von Fernrohren zu beobachten, an solche Messungen gedacht, ja sogar solche ausgeführt. Galilei und Hevelius fanden an der ausgezackten Lichtseite der hellen Mondsichel isolirte glänzende Punkte und erkannten bereits, daß diese nichts Anderes sein können, als die Spitzen hoher Berge, deren tiefere Theile in Nacht liegen, während die Gipfel bereits von den ersten Sonnenstrahlen erleuchtet werden. Diese Bemerkung führte von selbst auf eine Methode zur Höhenbestimmung solcher Berge. Mißt man nämlich mittels des Ihnen bekannten Mikrometers den geraden Abstand einer solchen Bergspitze von der Lichtgrenze und kennt man gleichzeitig, wie es wirklich der Fall ist, den Durchmesser des Mondes, so kennt man in dem rechtwinkeligen Dreiecke, welches durch die Spitze des zu messenden Berges, den nächsten Punkt der Lichtgrenze und den Mittelpunkt des Mondes gebildet wird, zwei Seiten, nämlich den Halbmesser des Mondes und die Entfernung von der Lichtgrenze und kann jetzt die dritte Seite, welche gleich ist dem Halbmesser des Mondes nebst der senkrechten Höhe des Berges, leicht durch Rechnung oder Konstruktion finden. Subtrahirt man hiervon den Halbmesser des Mondes, so erhält man die gesuchte Höhe des Berges. Diese Methode ist die einfachste von allen, auch wurde sie noch von W. Herschel und H. Schröter vielfach benutzt, allein sie giebt weniger genaue Resultate als die Messungen mittels der Schattenlängen. Hier sollen es nun die Schatten allein sein, an welchen der Astronom und zwar von der Erde aus die Höhen der Mondberge mißt, und Sie werden es begreiflich finden, daß die Schwärze und Schärfe dieser Schatten, die durch keine trübe Atmosphäre gestört wird, solchen Messungen eine besondere Sicherheit verbürgen muß. Die verschwimmenden, meist in Halbschatten auslaufenden Schatten irdischer Berge eignen sich freilich zu derartigen Messungen nicht. Nur auf Hochgebirgen etwa, wo sich die Schatten über Schneefelder oder Gletscher hinziehen, bietet sich bisweilen eine ähnliche Schärfe der Schattenprofile dar. Sie haben das vielleicht selbst erfahren, wenn Sie einmal einen Sommermorgen auf der Wengernalp im Anblick der riesigen Schneegipfel der Jungfrau und des Mönchs verlebt haben. Aber selbst in diesen Höhen verwischt meist der Dunst der Thäler die Schärfe der Umrisse, und es dürfte Ihnen nicht unbekannt sein, daß man von den Gipfeln der höchsten Berge oft weniger Detail, selbst in den benachbarten Thälern unterscheidet und eine beschränktere Fernsicht genießt, als sie fernliegende, niedrigere Hügel gewähren.

Die Höhenmessung von Mondbergen mittels der Schatten erfordert nichts weiter, als daß die Länge des Schattens und der Abstand des Berges von der

Lichtgrenze gemessen werden; alles Uebrige muß die Rechnung mit Hülfe der astronomischen Tafeln thun. Die mathematische Lichtgrenze findet man nämlich aus dem scheinbaren Abstand des Mondes von der Sonne zur Zeit der Beobachtung; aus dem Abstand des Berges von der Lichtgrenze aber läßt sich wieder die Höhe der Sonne über dem Horizonte des Berges und aus der in Bogentheilen der Mondscheibe ausgedrückten Länge des Schattens die Sonnenhöhe am Ende des Schattens berechnen. Aus dem Verhältniß dieser beiden Sonnenhöhen ergiebt sich endlich die Höhe des Berges. Allerdings bleibt diese Höhenbestimmung immer nur eine relative, weil sie nur den Höhenunterschied zwischen dem Berggipfel und dem Endpunkte des Schattens umfaßt. Sie ist auch ungenau, wenn der Schatten nicht gerade auf eine weite Ebene fällt, und setzt zugleich voraus, daß der Berggipfel nicht sehr flach oder auch nur kuppelförmig abgerundet ist. Sie ist endlich völlig unsicher, wenn der Schatten sich in der Tiefe eines Kraterkessels entwickelt. Dennoch ist durch wiederholte Messungen bereits eine außerordentlich sichere Kunde über die meisten Höhenverhältnisse des Mondes erlangt worden. Bei einzelnen Bergen, wie bei dem 5042 Meter hohen Calippus und dem 4761 Meter hohen Huyghens, beträgt die Unsicherheit kaum noch $^1/_{120}$ bis $^1/_{150}$ der ganzen Höhe. Uebrigens ist nicht zu vergessen, daß diese und alle anderen Höhenbestimmungen auf dem Monde nur die relative Größe der Erhebung geben können. Denn da es auf dem Monde, wie ich gleich bemerken will, keine allgemeine Niveaulinie giebt, wie sie uns auf der Erdoberfläche der Spiegel des Ozeans darbietet, so können sich alle Erhebungen nur auf die nächste Umgebung beziehen und sind somit relative. Wie groß die absoluten Erhebungen sind, das läßt sich für die Mondberge nicht aus der Länge der Schatten herleiten, ja wir wissen darüber nichts. Wir können uns also immerhin über die Bedeutung eines Mondberges, dessen Höhe wir gemessen, täuschen, und einen Berg von geringerer relativer Erhebung für unbedeutender halten als einen solchen von bedeutenderer,



Ringgebirge mit ausgezacktem Rande.



Ringgebirge mit glattem Rande.

während für beide, wenn wir sie auf ein gleiches Niveau beziehen könnten, ein umgekehrtes Verhältniß eintreten würde. Wollte man in ähnlicher Weise, wie jetzt für den Mond, auch für unsere Erde verfahren, also die relativen Höhen als maßgebend betrachten, so würden der Pic von Teneriffa oder der Aetna in gleichem Range mit vielen Hochgipfeln des Himalayagebirges stehen, ja diese noch überragen. Kehren wir jetzt wieder zum Monde selbst zurück.



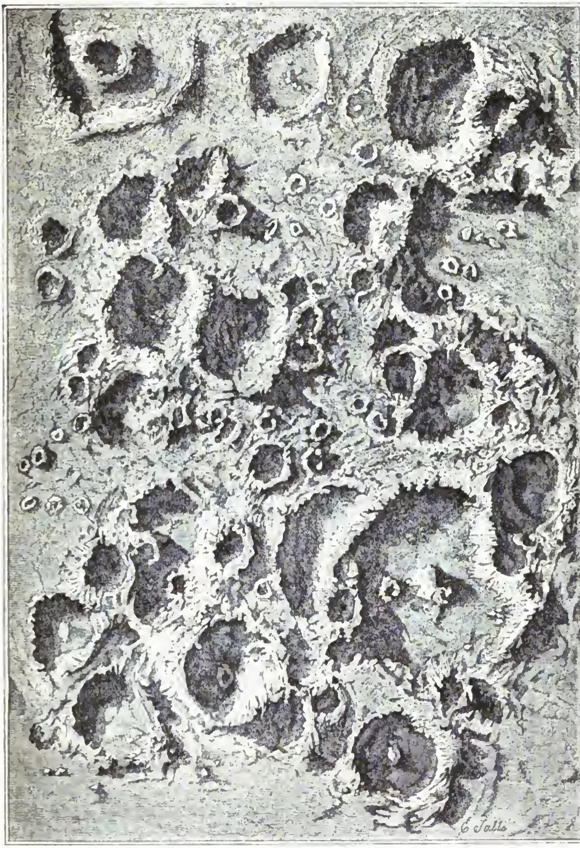
Der Vollmond.

Sie werden staunen, daß man die Höhen der Mondberge nicht allein genauer, sondern auch viel länger kennt, als die Höhen der Berge auf unserer Erde. Denn ihre Messung schreibt sich mindestens bereits aus Hevel's, des Danziger Astronomen, Zeit, also aus der Mitte des 17. Jahrhunderts her, wenn auch erst Herschel und namentlich Mädler und Schmidt durch Vervollkommnung des Verfahrens den Reichthum unserer heutigen Resultate begründet haben.

Die größte Höhe, welche man bis jetzt auf dem Monde gemessen hat, beträgt 8835 Meter und ist von Schmidt bei einem Hochgipfel auf dem Nordostwalle des Ringgebirges „Curtius" gefunden worden. Ein anderer Berg in der Nähe des Südpols vom Monde ward von demselben Astronomen zu 8633 Metern gemessen. Die höchsten Bergerhebungen, die Mädler gefunden, gehören den Gebirgen „Dörfel" und „Leibnitz" an; sie erreichen 7410 Meter Höhe. Mit diesen enormen Erhebungen korrespondiren die großen Tiefen mancher Kraterbecken; beim Ringgebirge „Kopernikus" beträgt dieselbe 3120, beim „Theophilus" 3315 Meter; auch der Krater des „Aristarch" reicht 1484 Meter unter das Niveau der anstoßenden Ebene. Sie sehen hiernach, daß die größten Höhenunterschiede auf dem Monde bis zu 12,025 Meter, vielleicht sogar weit mehr betragen mögen und immerhin zu $^1/_{150}$ des Mondhalbmessers angenommen werden können. Auf unserer Erde steigt der höchste Berg, der Mount Everest oder Gaurisankar im Himalayagebirge bis zu einer Höhe von 8845 Metern an, erreicht also nur $^1/_{715}$ des Erdhalbmessers, während die größte bisher gemessene Meerestiefe 13,000 Meter beträgt. Der größte irdische Höhenunterschied ergiebt sich daraus zu 22,750 Meter oder $^1/_{287}$ des Erdhalbmessers. Sie sehen daraus, welche besondere Wichtigkeit diese Höhenmessungen auf dem Monde noch dadurch gewinnen, daß sie uns eine Vergleichung der Mondberge mit den Gebirgen der Erde gestatten, und indem sie uns auf die Größe der hebenden Kräfte schließen lassen, zugleich einen Blick in die Geschichte dieses Weltkörpers eröffnen. Was aus dieser Urgeschichte des Mondes bereits erkundet ist, soll Ihnen nicht vorenthalten werden. Es wird freilich zum größten Theile nur ein Abbild unserer Erdgeschichte sein, aber es wird doch dazu dienen, Ihnen das Verständniß dieser fremdartigen Formenwelt zu erleichtern.

Es bedarf keines besonderen astronomischen Scharfsinnes, um Sie eine Eigenthümlichkeit in den Oberflächenformen des Mondes entdecken zu lassen, die ihn auf das Auffälligste von unserer irdischen Welt unterscheidet. Das ist die vorherrschende Kreisform. Während diese auf der Erde im Allgemeinen nur selten, etwa in einigen Inselgruppen der Südsee und bei einzelnen Vulkanen, deutlich ausgeprägt auftritt, sehen Sie auf dem Monde sie tausendfach wiederholt, von den größten Gebirgsformen bis zu den kleinsten, kaum menschlicher Sehkraft noch zugänglichen Gebilden. Sie sehen hier (S. 163) ein Gesammtbild des Vollmondes, wie es sich in einem schwach vergrößernden Fernrohr darstellt. Die helleren Partien sind vorzugsweise die gebirgigen, die dunkeln die ebenern. Der große Astronom Kepler glaubte, letztere seien die Analoga unserer Ozeane und hielt sie für wirkliche Mondmeere. Heute wissen wir, worauf ich noch zurückkommen werde, daß diese Meinung falsch ist, aber der Name blieb, und man nennt eine solche dunkle Fläche ein Mare. Betrachten Sie nun diese einzelnen Mare genauer, so werden Sie finden, daß sie eine deutliche Tendenz zu kreisförmiger Bildung zeigen. Gegen den Rand der Mondscheibe hin müssen sie Ihnen aber freilich elliptisch erscheinen, weil der in Wirklichkeit kugelförmige Mond sich in Projektion darstellt und Sie schief gegen diese Mondgegenden sehen. Ein Kreis, den Sie schräg von der Seite her betrachten, erscheint bekanntlich stets elliptisch. Am deutlichsten zeigt sich freilich die Kreisform bei den Ringgebirgen

und Kratern des Mondes. Die große Zahl dieser kreisförmigen Vertiefungen und ihre auffallende Regelmäßigkeit setzten schon Kepler in Erstaunen.



Das Ringebirge Tycho, nach einer Zeichnung von Nasmyth.

Sie brachten ihn auf den gewiß sonderbaren Gedanken, diese kraterförmigen Höhlen seien von den Mondbewohnern absichtlich gegraben worden, um an ihrem heißen Mittage im Schatten ihrer Wände einen Schutz zu finden vor der 15 volle Erdentage ununterbrochen dauernden Einwirkung der Sonne.

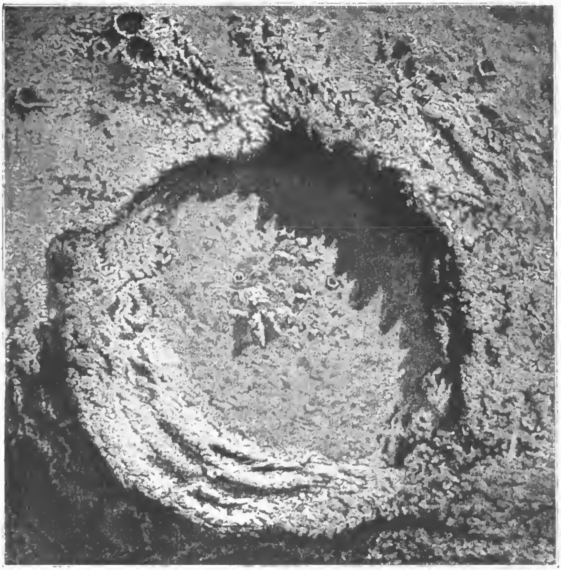
Hätte freilich Kepler damals schon eine Ahnung gehabt von den wahren Durchmessern dieser Mondkrater, hätte er gewußt, daß mancher, nicht einmal von den größten, groß genug ist, um dem Chimborazo, dem Montblanc und dem Pik von Teneriffa zusammen in seiner Höhlung Platz zu gewähren, so würde er wahrscheinlich seine Vorstellung von solchen selenitischen Cyklopenbauten aufgegeben haben.

Was sollen wir nun aber zu dieser wunderbaren und so häufigen und verbreiteten Kreisform der Oberflächengebilde des Mondes sagen? Ist sie keine absichtliche, d. h. künstliche, so kann sie doch auch keine blos zufällige sein. Wir werden daher ihren Ursprung in den Katastrophen suchen müssen, welche einst die jetzige Gestalt der Mondfläche bildeten, und welche, in der Urzeit am gewaltigsten, zuerst große Mare und Wallflächen, wie das Mare Crisium und Mare Serenitatis, die Wallebene Kästner und das Mare Humboldtianum schufen, dann aber, zwar in verkleinertem Maßstabe, aber an Zahl wachsend, jene Hunderte von Ringgebirgen und jene Tausende von Kratern hervorriefen, die manche Gegend des Mondes wie mit Blasen und Perlenschnüren bedeckt erscheinen lassen. Da haben Sie die Anlage zur Urgeschichte des Mondes!

Die ältesten Bildungen des Mondes sind jedenfalls nächst den großen kreisförmigen Maren die sogenanten Wallebenen, wie Plato, Ptolemäus, Grimaldi u. a. Sie messen gewöhnlich zwischen 14 und 30 Meilen im Durchmesser. Ihr häufig bis 4000 Meter ansteigendes Wallgebirge ist stark zerklüftet, gewöhnlich terrassenlos und oft so von jüngeren Kratern und sogenannten Rillen entstellt und verwüstet, so daß es nur bei günstiger Beleuchtung als zusammenhängendes Ganzes erscheint. Die innere Wallfläche selbst zeigt sich wenig vertieft, oft sogar beulenförmig aufgetrieben und gleichfalls mit Kratern und kleinen Hügeln bedeckt oder von Rillen durchfurcht. Jüngern Ursprungs dürften schon jene kolossalen Ringgebirge sein, welche zwar gleichfalls noch in ihren Wällen wie in ihren inneren Flächen gewaltige Zertrümmerungen und Störungen durch spätere Krater zeigen, die aber zugleich durch die bedeutende Einsenkung der inneren Flächen sich schon der eigentlichen Kraterform nähern. Sie messen gleichfalls oft über 30 Meilen im Durchmesser, wie das schöne Ringgebirge Clavius, und die Gipfel ihres Walles steigen oft zu 5500 Metern über der inneren Tiefe auf. Ein entschieden jüngeres Alter kommt aber den eigentlichen großen Kratern des Mondes zu. Dafür spricht einerseits die bedeutende Vertiefung ihres Innern, andererseits die regelmäßigere Kreisform ihrer mauerartigen Umwallung, die stets in mehrfachen, oft fünffachen Terrassen gegen die innere Tiefe abfällt, aus der wieder stets ein meist mehrgipfeliges Centralgebirge aufsteigt. Die Breite dieser kraterartigen Ringgebirge beträgt noch zwischen 9 und 12 Meilen und der Höhenunterschied zwischen dem Walle und der Tiefe oft 4 bis 5000 Meter. Störungen durch spätere Krater sind bei ihnen nur in verhältnißmäßig geringem Grade zu erkennen.

Im Allgemeinen bilden die kreisförmigen Gebilde des Mondes vertiefte Becken, die von einem Walle umgeben sind, der oft bis zu 1300, ja bis 2600 Meter über das umgebende Land aufsteigt. Diese Wälle zeigen sich bisweilen zerklüftet und unterbrochen, gewöhnlich aber an dem obersten Rande äußerst scharf und

von einzelnen hohen Gipfeln oder kleinen wellenförmigen Buckeln und Zacken gekrönt. Nach außen meist sehr allmählich und mit geringer Neigung in die Ebene verlaufend, stürzen diese Wälle dagegen nach innen oft mauerartig schroff in die Tiefe. Doch wird diese Schroffheit in der Regel durch eine Reihe von Terrassen gemildert, die, durch enge Thalschluchten voneinander getrennt, oben äußerst schmal und steil beginnen, allmählich nach der Tiefe zu breiter, unregelmäßiger, zerklüfteter werden und endlich in kleine Hügelgruppen übergehen, die den Boden der Kratertiefe bedecken, und aus denen sich bisweilen wieder ein Centralberg erhebt, der jedoch nie ganz die Höhe des äußeren Wallrandes erreicht.



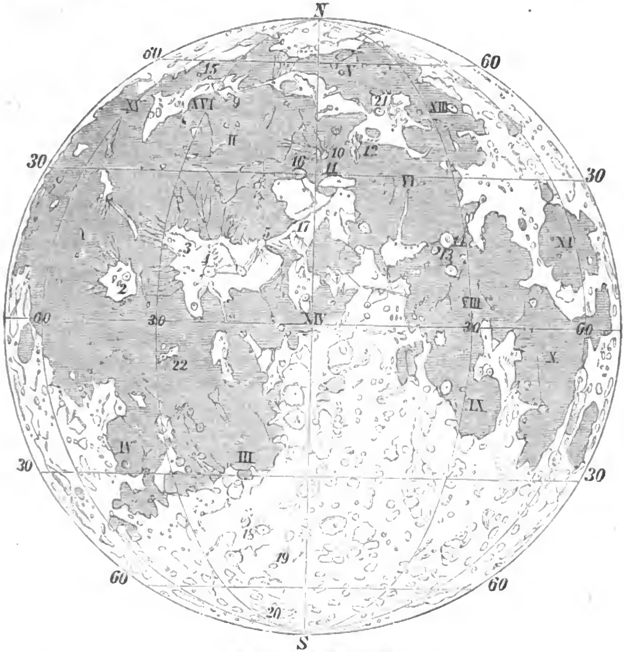
Das Ringgebirge Kopernikus, nach Smyth.

Nicht immer aber ist der Kraterboden ein wirklich vertieftes Becken. Oft erscheint er wie aufgetrieben in Gestalt einer Beule oder Kuppel, welche den Centralberg trägt oder mit kleinen Kratern und Hügeln oder noch niedrigeren Bergadern bedeckt ist. In vielen Fällen liegt der innere Boden oder Kessel eines Ringgebirges noch immer bedeutend höher als die äußere Umgebung. Ein instruktives Beispiel bietet in dieser Beziehung Mersenius, dessen innere Fläche nach den Messungen von J. Schmidt wenigstens 1000 Meter höher liegt als das Mare humorum und ebenso viel tiefer als die östliche Ebene. Dieser Boden ist blasenartig aufgetrieben. Seine Messung lieferte dem athenischen Astronomen

den Beweis, daß die Region der inneren kleinen Krater fast 500 Meter höher liegt, als der Fuß der östlichen inneren Terrassen. Für einen Hochgipfel des Mersenius fand J. Schmidt 2057 Meter Höhe über der Tiefe des inneren Kessels und 4230 Meter Erhebung über dem anstoßenden Mare humorum. An dieser Stelle liegt also der Boden des umwallten Ringgebirges gegen 2000 Meter höher als der entsprechende Punkt des Mare.

Wenn ich eben das Innere der Ringgebirge als Kessel bezeichnete, so dürfen Sie deshalb nicht glauben, dasselbe sei ausgehöhlt, ganz und gar kesselförmig. Im Gegentheil zeigen sich hier, bei hinreichenden Vergrößerungen sehr mannichfaltige Bergbildungen. Meist erblickt man in der Mitte ein kleines Centralgebirge oder einen einzelnen stückförmigen Berg. Die schöne Zeichnung, welche Admiral Smyth von dem Ringgebirge Kopernikus gegeben hat und die ich Ihnen hier in einer sehr gelungenen Nachbildung vorführe, zeigt Ihnen deutlich das reiche Detail einer Ringgebirgslandschaft des Mondes. Der Durchmesser dieses Ringgebirges beträgt 12 geographische Meilen und die höchste Erhebung 3440 Meter über der inneren Fläche. Sie sehen in der Zeichnung die Schatten der Hochgipfel des rechten Walles sich in der Tiefe dahin ziehen, ebenso erblicken Sie das reich gegliederte Centralgebirge, dessen höchster Punkt nur 805 Meter aufsteigt. Einige Krater und zahllose Gruben vervollständigen das charakteristische Aussehen der Landschaft. Das Bild S. 165 giebt eine naturgetreue Darstellung der Umgebungen des gewaltigen Ringgebirges Tycho auf der südlichen Mondhälfte. Dieselbe ist nach einer Zeichnung von Nasmyth angefertigt. Wenn Sie über diese Figur ein kreisförmig ausgeschnittenes Stück schwarzes Papier ausbreiten und dann den unbedeckten Theil durch ein Kartenblatt betrachten, in welches mittels einer Nadel eine feine Oeffnung gemacht worden, so haben Sie ein Bild, welches täuschend dem Anblicke der betreffenden Mondlandschaft in einem großen Fernrohre gleicht. Das Ringgebirge Tycho hat einen Durchmesser von $11^7/_{10}$ Meilen und Bergerhebungen bis zu 5800 Metern. Im Vollmonde erblickt man von diesem Ringgebirge helle Strahlen nach allen Seiten auslaufend. Sie können dann diese wunderbaren, geraden, hellen Lichtstreifen schon mit einem gewöhnlichen Taschenfernrohr von der Erde aus erblicken. Sie entsprechen durchaus weder Vertiefungen noch Erhöhungen, denn sie verschwinden an der Lichtgrenze ohne die geringste Spur eines Schattens und machen sich, wo sie auch auftreten, in Gebirgen, Kratertiefen oder grauen Ebenen, nur bemerkbar durch den Kontrast gegen die Bodenfarbe. Bisweilen verzweigen sie sich oder setzen streckenweise aus; bisweilen erscheinen sie in solcher Fülle und solchem Glanze, selbst im hellen Gebirgslande, daß sie zur Zeit des Vollmondes die großen Kraterformen völlig unkenntlich machen. Sie können das auch an der schönen Darstellung des Vollmondes (Seite 163) sehen, auf der besonders die hellen Streifen sehr gut wiedergegeben sind, die im Vollmonde von dem gewaltigen Ringgebirge Tycho auslaufen. Sie bedecken dann fast ein Viertel der Mondscheibe, und man gewinnt den Eindruck, als wenn eine helle Masse aus dem Innern jenes Ringgebirges, wie Lava aus dem Krater eines Vulkans ausgebrochen und nach allen Richtungen weithin abgeflossen sei. Neben dem Ringgebirge Tycho zeigen auch die analogen Gebilde der Mondoberfläche, welche

die Namen Anaxagoras, Aristarch, Kepler, Kopernikus führen, eben solche Lichtstrahlen und man nennt sie deshalb strahlende Ringgebirge. Die Breite der hellen Strahlen ist außerordentlich verschieden, sie wechselt zwischen $1\frac{1}{2}$ Kilometer und 4 Meilen.



Karte des Mondes.

(Die römischen Ziffern bedeuten die Mare, die deutschen Ziffern die Ringgebirge und Krater.)

II Mare imbrium, III M. nubium, IV M. humorum, VI M. serenitatis, VIII M. tranquillum, IX M. crisium, X M. foecunditatis, XI M. nectaris.

2. Ringgebirge Kepler, 3. Mayer, 4. Kopernikus, 5. Eratosthenes, 9. Condamine, 10. Aristippus, 11. Autolicus, 12. Cassini, 13. Plinius, 15. Pythagoras, 16. Archimedes, 17. Huyghens, 18. Tycho, 19. Magius, 20. Newton, 21. Aristoteles, 22. Euklides.

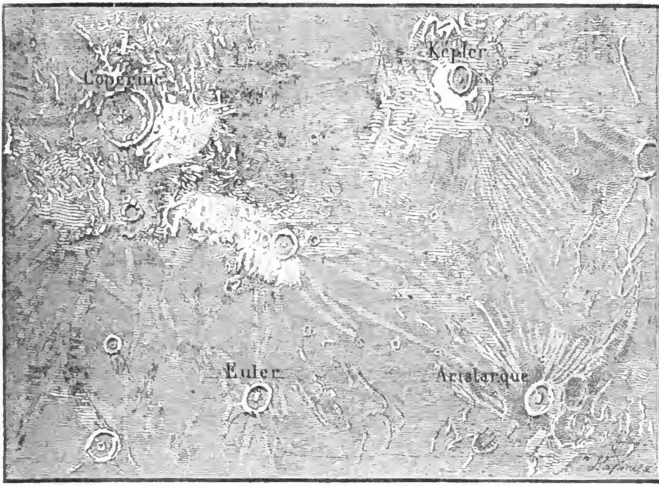
Die Ausbreitung dieser Lichtstrahlen ist weder durch Gebirge noch durch Thäler begrenzt, vielmehr ziehen sie ohne Rücksicht auf die Bodengestaltung über weite Flächen des Mondes fort und ändern meist ihr Aussehen und ihre Richtung nicht wesentlich, wenn sie ein Hochgebirge durchsetzen oder durch eine ebenere Fläche laufen. Bisweilen vereinigen sich mehrere feinere Strahlen und bilden eine Art von Lichtknoten, einen hellen Fleck, der aber keinen Schatten wirft. Ob er freilich nicht dennoch eine Bodenerhöhung darstellt, läßt sich nicht entscheiden, denn wenn diese gering ist und in Gestalt eines sehr flachen Kegels

rings herum abfällt, so hört jeder Schattenwurf auf und damit auch für uns jedes begründete Urtheil, ob Bodenerhöhung oder nicht. Die wissenschaftliche Deutung der hier besprochenen hellen Streifen des Mondes ist mit außerordentlichen Schwierigkeiten verknüpft. Am haltbarsten dürfte noch die kühne Hypothese Mädler's sein, welcher sie, im Anschluß an gewisse irdische Erscheinungen, als die Wirkung einer großartigen plutonischen Metamorphose auffaßt. Nach dieser Ansicht sollen nämlich die empordrängenden Mächte des Mondinnern, wahrscheinlich erhitzte Gase, nicht immer in senkrechter Richtung gewirkt haben, sondern vielmehr unter der bereits erhärteten und nicht mehr leicht zu durchbrechenden Rinde horizontal einer großen Ausbruchsstelle, einer Art vulkanischen Esse, zugeströmt sein und dabei auf ihrem ganzen Laufe die Oberfläche, d. h. wahrscheinlich nur die Struktur ihrer Massen, strichweise und derart verändert haben, daß deren Fähigkeit, das Sonnenlicht zu reflektiren, bedeutend erhöht wurde. Einen besonderen Anhalt findet diese Erklärung in der Erscheinung der sogenannten „umglänzten" Krater, die ohne ein eigentliches Strahlensystem ringsum einen außerordentlich hellen weißen Schimmer verbreiten, der nach außen oft in seltsamen Figuren verläuft und bisweilen nach seitwärts unter dem dunkeln Grau der Mare durchzuschimmern scheint, als ob meilenweit um einen solchen Kraterwall die graue Decke der Urzeit zerstört worden wäre. Auch jene merkwürdigen Hügelketten, die sich strahlenförmig oft neben jenen Lichtstreifen um manche Krater, wie namentlich den Kopernikus und Aristillus, ausbreiten, dürften verwandten Ursprungs sein. Dieselben erhitzten Gasströme, welche hier die lichtreflektirende Eigenschaft des Bodens abänderten, mögen nämlich an anderen Stellen, namentlich in der unmittelbaren Nähe des Durchbruches, den gehobenen Boden gespaltet haben, sodaß sich Furchen bildeten, die vom Kraterrande ausliefen, ähnlich den Barankos unserer irdischen Krater. Wann aber diese metamorphosirende Thätigkeit auf dem Monde stattfand, deren letzte Spuren, wie Sie gesehen haben, in dem Verschwinden der grauen Farbe der Ebenen rings um die Krater zu finden sein dürften, darüber läßt sich noch wenig entscheiden. Daß sie älter als Tausende der Krater und Ringgebirge sind, welche die Mondfläche durchbrachen, dafür scheint das oft meilenweite Aussetzen mancher solcher Lichtstreifen zu sprechen.

Unter denjenigen größeren Kratern des Mondes, welche die Regelmäßigkeit ihrer Kreisform, die Vertiefung ihres Innern, die Anwesenheit von Terrassen und Centralbergen als jüngeren Alters bezeichnet, giebt es einige, welche in neuerer Zeit noch durch eine eigenthümliche Entdeckung merkwürdig geworden sind. Durch mächtige Fernröhre nämlich — welche für den Mond dieselbe Bedeutung erhalten, wie Reisen für die Entdeckung der Länder der Erde — haben neuere Astronomen in der Tiefe manches dieser durch furchtbare Schroffheit ihrer Wände ausgezeichneten Krater noch einen zweiten Krater erblickt, dessen Wall nicht nur den inneren Fuß des Hauptwalles unmittelbar berührt, sondern auch fast zu gleicher Höhe mit ihm aufsteigt. Man sieht hier also Doppelkrater, die gewissermaßen zu vergleichen sind mit den Eruptionskratern unserer irdischen Vulkane, die aus den Wällen alter Erhebungskrater aufsteigen. Ein merkwürdiges Ringgebirge, dessen hier passend gedacht werde, ist z. B. Vitello,

indem es um seinen Centralberg eine zweite Umwallung besitzt und dadurch eine gewisse Analogie mit den kleinen Doppelkratern zeigt.

Die jüngsten in der Reihe der ringförmigen Gebilde des Mondes sind jene kleinen Krater, deren Zahl man bereits auf mehr als 50,000 schätzt. Sie haben überall durchbrochen, was die älteren Katastrophen ungestört ließen; sie bedecken die Wälle und Centralberge älterer Ringgebirge wie ihre Terrassen und Kratergründe. In den Ebenen liegen sie oft so nahe beieinander und namentlich oft perlschnurartig in langen Reihen geordnet, als wären sie auf einer gemeinsamen Spalte ausgebrochen.



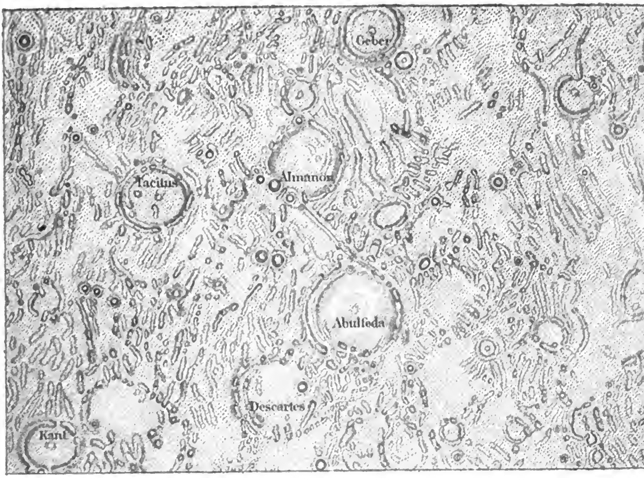
Die strahlenden Ringgebirge Kopernikus, Kepler und Aristarch bei hohem Sonnenstande.

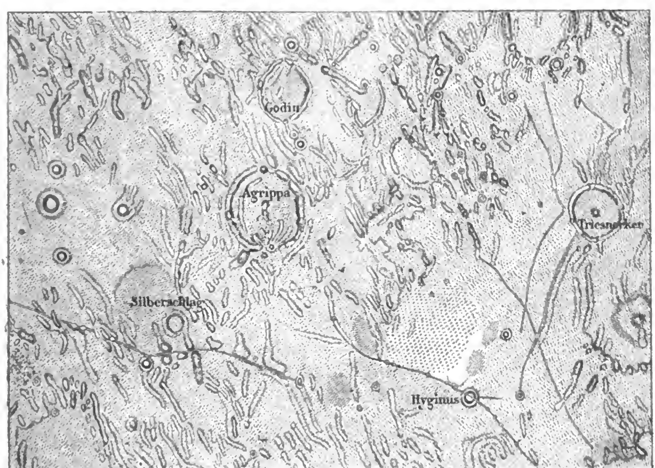
So zeigen sich zwischen dem Kopernikus und Eratosthenes auf einer Strecke von kaum 15 Meilen ungefähr 300 kleine Krater, oft kaum 40 bis 120 Meter hoch, die mit ihren in einander geflossenen Krateröffnungen fast eine rillenähnliche Thalschlucht bilden. Ob solche Krater noch gegenwärtig entstehen, ob die plutonischen Gewalten des Mondinnern also noch heute in ähnlicher Thätigkeit begriffen sind, wie im Schoße unserer Erde, das ist eine Frage, deren Beantwortung allerdings im Bereiche der teleskopischen Beobachtung liegt, bei der bisherigen Mangelhaftigkeit derselben aber späteren Zeiten vorbehalten bleiben muß. Dazu gehört vor Allem, daß man erst einmal eine einzelne Gegend des Mondes unausgesetzt mit mächtigen Fernröhren durchforscht, vermessen und auf großen Karten verzeichnet hat. Dann erst wird man von gegenwärtigen Veränderungen auf dem Monde, von Naturereignissen auf demselben, von vulkanischen Ausbrüchen u. s. w. sprechen können, ohne sich unwissenschaftlicher Phantasien verdächtig zu machen.

Als eng mit den Kraterbildungen des Mondes verknüpft muß ich Ihnen noch jene wunderbaren Erscheinungen bezeichnen, die man Rillen genannt hat. Es sind lange, schmale Furchen, grabenartige Vertiefungen, die an ihren Rändern zu beiden Seiten meist wallartig erhöht, bei einer Breite von 600—4000 Metern und einer Tiefe von 100—400 Metern oft 4—20 Meilen weit sich erstrecken. Man ist auf den ersten Blick versucht, sie für Risse zu halten, die sich etwa durch schnelle Erkaltung des zeitweise stark erhitzten Bodens gebildet haben könnten. Daß sie aber trotz dieser sonderbaren Form dennoch mit den Kratern verwandten Ursprungs sind, geht aus der Beobachtung Mädler's hervor, daß einzelne Rillen nicht allein die Wälle mancher kleinen Krater durchbrochen haben, sondern daß sie selbst oft geradezu als das Resultat zahlreicher, nebeneinander liegender, in einer gemeinsamen Richtung durchbrochener Krater erscheinen. Man erblickt oft gleichsam eine lange, von vielen halbmondförmigen Kraterwällen beiderseits eingefaßte Furche. Bei manchen Rillen erblickt man unter günstigen Verhält-hältnissen kleine Krater am Boden. Diese sind also offenbar jünger als die betreffende Rille. Sie sehen hier zwei Krater von Mondlandschaften, welche durch eigenthümliche Rillen ausgezeichnet sind. Die erste enthält die Umgebung der Ringgebirge Tacitus, Almanon und Abulfeda. Zwischen diesen beiden letzteren zieht sich nun eine merkwürdige Rille dahin. Sie beginnt an einem gegen 3000 Meter hohen Bergkopfe im östlichen Theile des Walles von Abulfeda. Zuerst erblickt man zwei Krater, eng verbunden, hierauf fünf andere, durch kurze Stücke der Rille zusammenhängend, deren letzter sehr hell ist und einen hohen Wall besitzt. Nun zieht die Rille 6 Stunden weit ziemlich gleichmäßig fort, worauf ein achter und gleich darauf ein neunter und größter Krater folgt.

Auf der zweiten Karte sehen Sie eine merkwürdige, von vielen Rillen durchzogene Landschaft des Mondes. Die Rille, welche durch den Krater Hyginus zieht, ist unter allen zuerst entdeckt worden: am 5. Dezember 1788 von H. Schröter. Schon mit einem zweifüßigen achromatischen Fernrohr ist sie bei günstiger Beleuchtung sichtbar. An ihrem nordöstlichen Ende erscheint sie als ein ziemlich flaches, etwa 2300 Meter breites Thal, bald aber wird sie beträchtlich enger und schroffer. Sie trifft zunächst auf vier Krater, deren zweiter gegen 3000 Meter, die übrigen nur gegen 330 Meter Durchmesser haben. Den fünften und größten, Hyginus, durchsetzt sie mit selbständig erhöhten Rändern, nachdem sie seinen Wall gesprengt hat, und gelangt darauf zu fünf anderen Kratern, in deren Nähe auch die bis dahin ganz freie Ebene durch einen an den Rand der Rille tretenden Hügel unterbrochen wird. Am Südende dieses Theiles zeigen sich einige dunkele und ein großer grünlich schimmernder Fleck. Sie endet ziemlich wie sie begann, und ein flacher, in der Richtung der Rille fortschreitender Hügel setzt ihr die Grenze. Ihre Breite beträgt zwischen 1300 und 1600 Meter.

Die Rille links von Triesnecker ist schmal und schwierig zu sehen. In ihrer Mitte nahe am Fuße des Triesnecker bildet sie eine knieförmige Ecke, und dies ist ihre deutlichste Stelle. Der nördliche Theil ist ein einfacher, schwach gekrümmter Zug, der südliche wellenförmig gekrümmt und ebenso lang als der nördliche. In beide Theile münden andere Rillen ein.

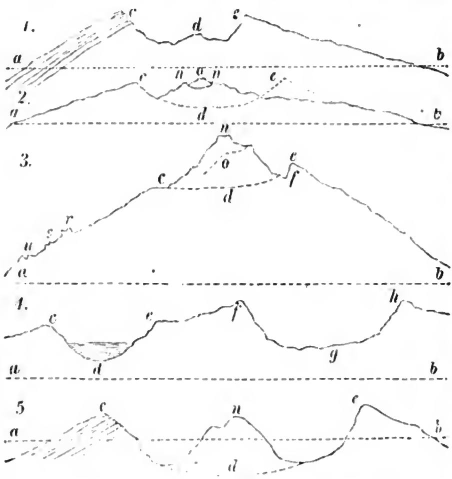




Rillen des Abulfeda (oben), des Hyginus (unten).

Die übrigen Rillen sind ohne Ausnahme alle schwieriger zu sehen als die jetzt besprochenen. **Mädler**, welcher sie entdeckte und genau beschrieb, sah sie nur nach und nach in ihrer ganzen Ausdehnung. Die Rille nördlich von Silberschlag ist groß, breit und bequem sichtbar. Sie durchschneidet mehrere Berge und zieht sich auf einem großen Theile ihres Laufes in einem engen Tiefthale hin. Ihr Ende findet sie bei einem kleinen Krater zwischen flachen Uferflächen.

Eine merkwürdig geschlängelte Rille findet sich beim Ringgebirge Herodot in der Nähe des Aristarch. Im Vollmonde ist sie als helle Linie unschwer zu erkennen. Die geschlängelte Gestalt dieser Rille erinnert auf den ersten Blick an unsere Flüsse, auch wird sie gegen das eine Ende ihres Laufes hin breiter, schroffer und tiefer. Hier erblickt man, 2 Meilen von ihrem Endpunkte auf dem Grunde der Rille einen kleinen Krater, der also jünger sein muß als die Rille selbst. Letztere hat hier eine Breite von 3200 bis 3900 Meter. Kurz vor der Mündung in das Becken des Herodot verengert sie sich wieder sehr und es wird schwierig, sie zu verfolgen. **Schmidt** in Athen, der in den Jahren 1842—1865 fast 300 Rillen auf dem Monde entdeckt hat, bemerkt, daß die Gegend um Aristarch herum, wo die obige Rille sich befindet, die größte Aufmerksamkeit seitens der Beobachter verdiene. Er habe hier am 10. Mai 1862 westlich vom Aristarch gegen 15 Rillen und eine Gruppe kleiner Krater entdeckt, von denen es merkwürdig sei, daß weder er selbst noch irgend ein anderer Astronom sie früher gesehen habe.



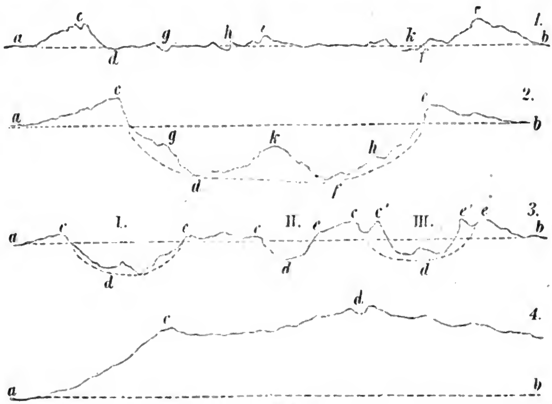
Krater der Erde.

1) Der Krater der Insel Palma; ab Meeresfläche, cde Krater.
2) Krater des Vesuvs: cde der alte Krater, c Rand der Somma, e der fehlende südliche Rand des alten Kraters, nn der eigentliche Vulkankegel, o der Ausbruchkegel.
3) Durchschnitt der Insel Teneriffa; acdeb der alte Cirkus, cfn Vulkankegel des Pik de Teyde, n Hauptkrater, o, u, s, r seitliche kleine Krater.
4) Mare der Eifel.
5) Ein aus dem Meeresgrunde aufsteigender Vulkan.

Was den Rillen eine ganz besondere, wenn auch etwas abenteuerliche Bedeutung verleiht, ist, daß man sie eine Zeit lang unter dem Einfluß einer stark erhitzten Phantasie für Bauwerke der Mondbewohner, etwa für Kanäle, Straßen ꝛc. gehalten hat. Sie sehen, wie sehr man sich zu hüten hat, sein eigenes menschliches

Bedürfniß auf Wesen zu übertragen, von deren Dasein, geschweige von deren Lebensbedingungen und Lebensweise, man auch nicht die geringste Kenntniß hat, wenn man nicht dahin kommen soll, vernünftigen Wesen, wofür man doch die Mondbewohner ausgiebt, Thorheiten zuzumuthen, die selbst auf Erden verlacht werden würden. Was sollen die Mondbewohner mit Kanälen oder Straßen von so kolossalen Dimensionen, die zumal oft schnurgerade über Berg und Thal laufen und wol gar plötzlich mitten in einer Kratertiefe abbrechen!

Man hat sich überhaupt lange Zeit bemüht, durchaus nur irdische Naturverhältnisse auf dem Monde zu sehen. So hat man aus der grünen Farbe einiger Ebenen den Schluß gezogen, daß die früheren ozeanischen Becken des Mondes jetzt ausgetrocknet und mit einer reichen Vegetation bedeckt seien.



Krater des Mondes.

1) Durchschnitt einer Wallebene; ab umgebende Mondfläche, ce Kamm des Wallgebirges, df Durchmesser der inneren Fläche, ghk kleine Krater, i ein Hügel.
2) Durchschnitt eines großen Kraters; ac und eb äußere Abdachung des Kraterwalles, ce Kraterrand, cd und ef innere Böschung, g und h Terrassen, k Centralberg.
3) Kleine Krater: I. mit Terrassen und Centralberg, II. ohne Beides, III. ein Doppelkrater.
4) Durchschnitt des Bergrückens Huyghens; d ein kleiner Krater in einer Höhe von 16,800 Fuß.

Man setzte dabei alle die wichtigen Thatsachen außer Acht, welche dem Monde eine der unsrigen ähnliche Atmosphäre absprechen, ohne die doch aber eine ähnliche Vegetation nicht denkbar ist. Man vergaß, daß daraus, daß die Pflanzen auf der Erde grün sind, überhaupt noch gar kein Grund dafür abzuleiten ist, daß die Pflanzen auf dem Monde auch grün sein müssen. Man legte offenbar den Farben und Formen eine zu große Bedeutung bei.

Aber auch bei Vergleichung der Gebirgsformen des Mondes mit denen der Erde kann man nicht vorsichtig genug sein. Wenn man zu Hevel's Zeit noch Aehnlichkeiten zu finden glaubte zwischen bergumwallten Ländern der Erde, wie Böhmen, und Wallebenen des Mondes, so haben die Fortschritte unserer irdischen Geologie solche Vergleichungen unhaltbar gemacht. Die kreisförmigen Gebilde

des Mondes finden nur eine Analogie in den Kratern der Erde. Sie sind wie diese die Wirkungen erumpirender Kräfte; ob aber dabei zugleich an Feuerausbrüche, an Lavaströme oder Gaseruptionen zu denken ist, ob auch dort wie bei uns zwischen gehobenen Massiven und wirklichen Vulkanen unterschieden werden kann, das bleibt vielleicht noch für lange Zeit dahingestellt. Jedenfalls haben diese Kräfte auf dem Monde eine weit großartigere Thätigkeit entwickelt, als auf der Erde. Nicht allein bedecken die Krater seine Fläche in außerordentlicher Zahl, sondern sie zeigen auch Dimensionen, wie sie denen der Erde durchaus fremd sind. Davon überzeugen Sie sich mit einem Blicke, wenn Sie Profile von irdischen Vulkanen, Erhebungskratern, Solfataren, Maren-Profilen von Ringgebirgen, Wallebenen, Kratern und Bergrücken des Mondes gegenüberstellen. Während auf der Erde der größte Kraterdurchmesser bei der Caldeira de Fogo etwa eine Meile und die größte Kratertiefe bei der Caldeira de Palma 800 Meter erreicht, finden Sie auf dem Monde Krater, wie den Theophilus, mit einem Durchmesser von 12½ Meilen und einer Tiefe von 5200 Meter. Außerdem zeigt eine Vergleichung von Kratermessungen auf dem Monde, daß dort im Allgemeinen mit der Abnahme des Kraterdurchmessers die relative Tiefe zunimmt, während auf der Erde in dieser Beziehung die größte Unregelmäßigkeit herrscht, wie überhaupt hier bis jetzt noch nicht der geringste Zusammenhang nachgewiesen ist zwischen den Dimensionsverhältnissen eines Vulkans und seiner Meereshöhe oder seinem Bau und der Natur einer Caldeira, eines Centralvulkans oder eines randlosen Mares. Sie werden ferner finden, daß, wenngleich die kleinen Krater des Mondes oft die höchsten Kämme der Ringgebirge bedecken, doch eigentliche Kraterberge, wie der Aetna oder Kotopaxi, d. h. mit Kratern gekrönte hohe Berggipfel, zu den äußersten Seltenheiten gehören. Recht schlagend wird der Unterschied zwischen den irdischen Vulkanen und den Kratern des Mondes, wenn ich Ihnen bemerke, daß vom Monde aus kein einziger unserer heutigen Vulkane als solcher selbst mit den schärfsten Ferngläsern erkannt werden könnte. Die Auswurfsöffnungen unserer irdischen Feuerberge, sind trotz ihrer Größe viel zu klein, um in einer Entfernung gleich derjenigen des Mondes noch bei schärfster Augenbewaffnung deutlich zu werden. Wenn ich oben sagte, daß eigentliche Kraterberge, wie der Aetna oder Kotopaxi auf dem Monde zu den größten Seltenheiten gehören, so werden Sie nun wissen, daß ich damit keineswegs habe andeuten wollen, diese Form der Feuerberge finde sich nicht auf dem Monde, sondern nur, daß wir sie bis heute noch nicht haben wahrnehmen können. Das Anfangsbild zu diesem Abschnitt zeigt Ihnen das Innere eines großen Mondkraters nach einer Zeichnung von Nasmyth. Sie sehen mehrere Centralberge, alle mit Gipfelkratern; aber vergessen Sie nicht, daß diese letzteren an Größe alle entsprechenden irdischen Gebilde weit übertreffen. Ueberhaupt könnte im Innern dieses großen Bergwalles manches deutsche Fürstenthum Platz finden. Was die eigentliche Natur der Rillen und ihre Stellung zu den übrigen Naturgebilden der Mondscheibe anbelangt, so ist es schwer, hierüber zu sicheren Ergebnissen zu kommen. Ich will Ihnen daher das mittheilen, was Mädler, der lange Zeit der beste Kenner des Mondes war, in dieser Beziehung sich vorstellte, um so mehr als die Ansichten dieses, nunmehr verstorbenen, Astronomen, in den umfassendsten, aber

bis jetzt nur theilweise publizirten Forschungen von Julius Schmidt mehr oder minder ihre Bestätigung fanden. Mädler drückt sich über die Rillen und ihre Beziehung zur Entwicklung der Mondoberfläche in folgender Weise aus: „Wenn Ausbruch das rechte Wort ist, wodurch im Ganzen und Großen das Wirken der die Oberfläche des Mondes gestaltenden Kraft bezeichnet wird, so wird es darauf ankommen, zu untersuchen, ob auch in Beziehung auf alle einzelnen Bildungsformen jene Annahme eine genügende Erklärung darbiete und wie man sich den Ausbruch modifizirt denken müsse, der eine gegebene besondere Art dieser Formen hervorgebracht hat.

Eine vom Innern eines kugelförmigen Körpers nach außen hin wirkende Kraft, ihre primitive Ursache sei welche sie wolle, wird am häufigsten nach der Linie des kürzesten Widerstandes wirken, ja sie würde dieser Richtung ausschließlich folgen, wenn die Dichtigkeit und Kohärenz der widerstehenden Massen nach allen Richtungen hin dieselbe wäre. Wirkt sie also von innen her senkrecht auf die Oberfläche, so muß sie — die Homogenität der betreffenden Massen vorausgesetzt — im Falle des wirklichen Ausbruchs einen kreisförmigen regelmäßigen Krater, im Falle des zu starken Widerstandes hingegen einen rundlichen Berg bilden, und beide Formen sind, wie man leicht sich überzeugen kann, auf der Mondfläche wirklich überwiegend häufig.

War indeß die durchbrechende Masse nicht homogen, zeigte sich auf der kürzesten Linie, infolge dieser Ungleichheiten, der Widerstand stärker, als auf einer andern und längeren, so erfolgten Ausbrüche in andern Richtungen; die Krater wurden länglicht, die Höhe ihres Walles ungleich, die Kraft zersplitterte sich und bildete nahe liegende Oeffnungen von geringern Dimensionen u. s. w.

Was im Anfange, bei Ausbildung der Oberfläche im Ganzen, stattgefunden hatte, wird sich später bei mehr und mehr lokaler Beschränkung der Kräfte und ihrer Wirkungen in ähnlicher Art wiederholt haben: jedoch nur insofern, als die äußeren Umstände noch dieselben waren. Dies Letztere ist aber im Allgemeinen keineswegs wahrscheinlich. Wo bereits ein Ausbruch stattgefunden hat, da sind nicht allein bedeutende Differenzen des Niveau's entstanden — und der Mond bietet uns deren bis zu 7800 Meter Höhe dar — sondern auch der Kohäsionszustand der Massen ist wesentlich verändert. Die gewaltsam aus einander gerissenen, zur Seite geschleuderten oder geschobenen Theile können unmöglich denselben Zusammenhang zeigen, als andere, welche ruhig an ihrer Stelle geblieben waren.

Nun aber finden wir fast keine einzige Mondgegend, in der nicht die kolossalsten Umbildungen der oben beschriebenen Art vor sich gegangen wären. Selbst die sogenannten Meere — vielleicht mit Ausnahme des kleinen Sinus Aestuum — zeigen deutliche Spuren derselben auf, und die späteren Bildungen konnten deshalb weit weniger als die vorhergehenden, sich auf einen allgemeinen Typus beschränken. Die anomalen Richtungen der Eruptionen mußten je später, desto häufiger werden, und wenn wir daher im Ganzen und Großen auf dem Monde fast nur Kreise erblicken, so muß in den sekundären und auf kleinere Dimensionen beschränkten Formen der Kreis, wenn auch noch immer vorherrschen, ja häufig — da keine spätere Zerstörung hinzukam — in größerer Reinheit sich zeigen, als

bei den großen Urbildungen, andrerseits aber häufiger in verwandte Formen übergehen, oder auch ganz heterogenen neben sich Raum gestatten.

Die Rillen scheinen nun ausschließlich der spätesten Ausbildungsepoche der Mondfläche anzugehören. Nur unter den ihnen verwandten Bildungen mag es einige geben, die einer frühern Epoche ihre Entstehung verdanken; so wahrscheinlich das große Querthal im Hochlande der Alpen und einige Durchbrüche in Gebirgen, die durch ihr geradliniges Abschneiden und ihre schroffen Wände an die Rillen erinnern. Im Allgemeinen aber war gewiß der Ausbildungsprozeß sowol der größeren Ringgebirge, als auch der Berge und Krater von mittleren Durchmessern, schon beendet, als die Rillen, durch rein lokale Ausbruchskräfte, entstanden. Eine genauere Beobachtung derjenigen von ihnen, welche auf ihrem Zuge Krater oder Berge treffen, wird in der Folge dienen können, diese Ansicht näher zu prüfen; indeß können wir aus unsern eignen Beobachtungen wenigstens ein bestimmtes Beispiel zur Bestätigung derselben anführen. Die bereits erwähnte, von Schröter als die erste unter allen entdeckte Rille des Hyginus zieht durch 10 Krater, deren fünfter, von NO. an gerechnet, Hyginus selbst ist. Am 13. September 1832 um 5 Uhr früh zeigte die Luft einen für unsere Klimate höchst seltenen Grad von Heiterkeit und Ruhe. Das Innere des Hyginus lag ganz im Schatten, mit Ausnahme zweier feinen, aber stark glänzenden Lichtlinien, deren Lage genau die Fortsetzung der außerhalb des Kraterwalles sichtbaren Rille bezeichnete. Hingegen war der Wall des Hyginus da, wo die Rille auf ihn traf, nordöstlich und westlich von einem sehr schmalen, völlig schwarzen Schatten unterbrochen. Folglich zieht die Rille durch Hyginus dergestalt hindurch, daß sie seinen Wall gesprengt hat und durch sein Inneres mit erhöhten Rändern fortzieht; ein deutlicher Beweis, daß sie später entstanden sei, als dieser Krater. Bei den übrigen neun Kratern scheint es ihrer Kleinheit wegen unmöglich, ein Phänomen dieser Art zu beobachten; doch an anderen Punkten der Mondfläche finden sich ähnliche Verhältnisse vor, und es dürfte wol jedenfalls von Interesse sein, diese mit starken Vergrößerungen unter günstigen Umständen zu untersuchen.

Sind die Rillen Erzeugnisse einer spätern Periode, so ist zugleich ihre Beschränkung auf einzelne, wenngleich auf dem ganzen Monde zerstreut liegende, Lokalitäten erklärt. Zwar wird man gewiß bei fortgesetzter Beobachtung in manchen Gegenden, die jetzt dieser Form gänzlich zu ermangeln scheinen, noch Rillen entdecken; die größeren und zahlreicheren aber können sicher nicht da vermuthet werden, wo eine aufmerksame und planmäßige Durchmusterung bis jetzt noch keine einzige hat finden lassen. Als solche Rillenlandschaften kann man namentlich bezeichnen:

1) Das Mare Vaporum, insbesondere auch die Umgegend des Ringgebirgs Triesnecker;
2) der südöstliche, so wie der ihm gegenüberstehende nordwestliche Theil des Mare Tranquillitatis;
3) die Gegend im NW. des Capella und die benachbarte im N. des Goslecinus und Guttenberg;
4) der südwestliche Winkel des Mare Humorum;

5) die Umgegend des Mersenius;
6) die Partie bei Lohrmann und Hevel.

In den hier aufgeführten Landschaften kommen mehrere, gewöhnlich nahe parallele Rillen vor; in der Umgegend des Triesnecker treffen sie auch auf einander und durchkreuzen sich mehrfach. Die übrigen liegen zerstreut in sehr verschiedenen Gegenden des Mondes; doch befinden sich auch unter letztern einige recht große und deutliche, z. B. die stark gekrümmte bei Herodot.

Mehrere dieser Gegenden sind ganz oder größtentheils eben, keine darunter eigentliches Hochgebirge. Doch kommen sie fast nie in der freien Mitte der großen grauen Ebenen vor, sondern, wie namentlich im Mare Humorum, am Rande und in den meerbusenartigen Theilen, so daß die meisten mit Gebirgen mittlerer Höhe mehr oder weniger in Berührung kommen.

Und so hat man sich die Rillen vorzustellen als die Wirkungen elastischer Kräfte, die aber, statt normal auf die Oberfläche in einer der Gravitation entgegengesetzten Richtung durchzubrechen, vielmehr durch besondere Lokalumstände gezwungen, sich parallel unter der Oberfläche fortzogen und den Boden der Länge nach spalteten, wenn sie dies anders vermochten. Denn in den meisten Fällen scheint die Wirkung sich darauf beschränkt zu haben, den Boden blos etwas emporzutreiben und eine sogenannte Bergader zu bilden. Dieses ist wenigstens eine viel häufiger auf dem Monde vorkommende Form, in welcher übrigens, wie in den Rillen, die geradlinige Richtung und nächst dem die sanfteren Krümmungen vorherrschen, und von denen einige, wie z. B. die schnurgerade und sehr steile Bergader bei Thebit, unter gewissen Erleuchtungswinkeln den Rillen täuschend ähnlich sind.

Wenn wir im Vorstehenden die Bildungsepoche, welcher die Rillen angehören, als die selenogenitisch jüngste bezeichnet haben, so könnte die Frage entstehen, ob diese Bildungen vielleicht noch jetzt vor sich gingen und man sie also gleichsam unter den Augen neu entstehen sähe? Wir wagen hierüber zwar keine absolute Entscheidung, gestehen jedoch, daß die Wahrscheinlichkeit einer solchen Hypothese sehr gering ist.

Noch könnte es vielleicht angemessen sein, einer Ansicht zu gedenken, welche diese Rillen mit den Flüssen unseres Erdkörpers vergleicht und sie entweder geradezu für solche erklärt, oder doch die ausgetrockneten Betten vorzeitlicher Mondströme in ihnen erblickt. Die erstere Meinung dürfte sich leicht als unhaltbar nachweisen lassen: alle Wahrnehmungen vereinigen sich dahin, entweder einen absoluten Mangel der Atmosphäre, und folglich auch des mit ihr in Wechselwirkung stehenden Wassers, oder doch eine so überaus geringe Dichtigkeit der erstern anzunehmen, daß das letztere in der Art, wie es auf der Erde in Flüssen, Seebecken, Meeren sich vorfindet, ebenfalls geleugnet werden muß. Indeß könnte ehemals ein Strom in jenen, jetzt leeren Rinnsalen geflossen sein, da ja auch unsere Erde einst mit Wasser bedeckt war und jetzt zu 0,28 ihrer Oberfläche aus festem Lande besteht, ja ein noch jetzt fortdauerndes Abnehmen des Wasserreichthums der Flüsse, ein — ob relatives oder absolutes? — Zurückziehen des Meeres von den Küsten Scandinaviens und ähnliche Erscheinungen kaum in Abrede zu stellen sind. Auf Betrachtungen dieser Art kann man a priori nichts entgegnen;

indeß wird ein näheres Eingehen auf die Beschaffenheit dieser Rillen über die Wahrscheinlichkeit einer solchen Annahme entscheiden können.

Denken wir uns einen Augenblick die Erde als ausgetrocknet, und den Grund der Ozeane wie der Seen und Ströme blosgelegt, und einen Beobachter auf dem Monde, der mit optischen Hilfsmitteln, wie sie uns zu Gebote stehen, die Erde betrachtet. Der Anblick würde von dem, welchen uns der Mond darbietet, überaus verschieden sein, sowol was die Form der Gebirge, als was die Stromsysteme beträfe. Die letzteren würden allerdings nur in ihren breiteren Theilen sichtbar sein, ja von den meisten theils nur die Mündungen, theils gar nichts, da weder die Breite noch die Tiefe beträchtlich genug sein dürfte, sie ihrer ganzen Erstreckung und ihren Verzweigungen nach darzustellen. Sie würden an dem einen Ende verhältnißmäßig breit und deutlich sichtbar sein und nach dem andern hin, allmählich schmäler werdend, sich verlieren; man würde, mit wenigen Ausnahmen, die Mündungsseite bestimmt von der entgegengesetzten unterscheiden können; zugleich würden beide Seiten sich durch verschiedene Form und in der Regel auch durch verschiedene Helligkeit unterscheiden.

Wie gänzlich verschieden ist nun aber der Anblick einer Mondrille, und wie wenig entsprechen die Lokalitäten, in denen sie vorkommen, einer solchen der Erde entnommenen Darstellung? Mit Ausnahme einer einzigen und in jedem Betracht isolirt stehenden (der Rille bei Herodot, in der man allerdings das Entspringen in einer Gebirgsschlucht, die mäandrischen Windungen, das allmäliche Breiterwerden und die Ausmündung in eine rundliche Tiefe wahrnimmt, und so an die in Seen sich ergießenden Ströme Mittelasiens lebhaft erinnert wird) nähert sich keine der übrigen den obigen Verhältnissen. Viele von ihnen ziehen im Berglande hin, ohne die Ebenen zu erreichen, andere beginnen und enden in der Fläche, oder ziehen von einem Berge zum andern durch ebenes Tiefland hin. Sie haben fast alle entweder durchweg gleiche Breite, oder sind in der Mitte breiter als an beiden Enden. Höchst selten ist der Fall, daß sich mehrere vereinigen. Viele sind schnurgerade, und die Tiefe ist bei allen äußerst beträchtlich, da man den ins Innere fallenden Schatten von der Erde aus bemerkt. In den meisten Fällen wird die Tiefe durch Hunderte von Metern ausgedrückt werden müssen. Die Unwahrscheinlichkeit, daß ein fließendes Wasser so ungeheuer tiefe Kanäle ausgespült habe, wird noch weit größer, wenn man die 6⅗mal geringere Schwere auf der Mondoberfläche in Betracht zieht. Wäre also auch in irgend einer Vorzeit Wasser in diesen Rinnsalen gewesen, so müßte wenigstens zugegeben werden, daß sie dem Wasserlaufe nicht ihre Entstehung verdanken können.

Mehrere Rillen des Mondes sind nur etwa 10—12mal so lang, als breit, während wir bei den Strömen unserer Erde die Breite nach Metern, die Länge nach Meilen messen. Eine beträchtlich breite aber kaum 5 Meilen lange zieht von den Centralgebirgen des Petavius über das beulenförmig erhobene Innere hinweg bis zum Fuße des Wallgebirges, eben so plötzlich endend, als sie anfing. Einige sind durch Berge mehrmals unterbrochen, setzen aber jenseits derselben in ganz gleicher Art wie diesseits fort: so die große Rille des Ariadaeus. Noch andere bilden eine einzige höchst regelmäßige Bogenschwingung, obgleich das Terrain, durch welches sie hinziehen, ein stark wellenförmiges und von Hügeln

und Bergrücken in den mannichfaltigsten Richtungen durchschnittenes ist. Wie wären endlich die durch Krater ziehenden Rillen, zumal wenn die Art des Hindurchziehens die oben bei der Rille des Hyginus beschriebene ist, durch einen Wasserlauf zu erklären?

Fänden auf dem Monde ähnliche atmosphärische Verhältnisse und überhaupt eine der unsrigen verwandte Naturökonomie statt, so könnten bei seiner großen Nähe deutliche und unverkennbare Spuren derselben uns gewiß nicht entgehen. Warum will man gerade nur die Form eines Naturlebens als einzig mögliche gelten lassen, die wir auf unserm Planeten ausgeführt erblicken? Zeigen sich doch schon bei uns in den verschiedenen Klimaten, wie in der Lebensweise der Geschöpfe, die außerordentlichsten Unterschiede, obgleich die elementaren Bestandtheile überall dieselben sind, obgleich das Gravitations-, wie das Dichtigkeitsverhältniß bis auf unerhebliche Differenzen über die ganze Erde hin sich gleich bleiben und bleiben werden: warum sollte nicht für einen Weltkörper, bei dem so höchst wesentliche Grundbedingungen sich anders gestalten, auch das Leben und Walten der Natur in ganz andern Formen, als bei uns sich aussprechen können?

Ist die eben versuchte Erklärung des Entstehens der Rillen durch Zerspaltung der Oberfläche von innen heraus nicht die der Natur entsprechende, so wird eine fortgesetzte aufmerksame Beobachtung uns im Laufe der Zeit eine andere und bessere finden lassen. Dann wird sich auch zeigen, ob das, was wir jetzt unter diesem Gesammtnamen begreifen, wirklich in eine und dieselbe Kategorie gesetzt werden könne oder nicht. Schon im Vorstehenden ist angedeutet worden, daß nicht allein sehr bedeutende Differenzen der räumlichen Ausdehnung, sondern auch Uebergangsformen sich finden, so daß sie einerseits mit den Kraterreihen, andrerseits mit den flacheren Längenthälern sich verwandt zeigen. Wenn einst sie selbst und ihre Umgebung mit größerem Detail dargestellt, und sie einzeln genommen in allen Beleuchtungsverhältnissen regelmäßig beobachtet sein werden; wenn es ferner gelingen sollte, über den ursprünglichen Zustand und die Bildungsgeschichte der Weltkörper im Allgemeinen zu bestimmteren Resultaten zu gelangen, dann werden wir auch im Stande sein, den innern und nothwendigen Zusammenhang dieser jetzt so isolirt dastehenden fremdartigen Gebilde mit den übrigen des Mondkörpers genetisch nachzuweisen."

Wenn noch in Betreff der vulkanischen Bildungen, die den eigentlichen Charakter der Bodenerhebungen des Mondes bestimmen, wenigstens ein gewisser Anklang an irdische Verhältnisse zu finden ist, so fehlt uns für die übrigen Formen des Mondes jener irdische Anhalt. Allerdings giebt es auch eine Art von Massen- und Kettengebirgen auf dem Monde; aber nicht genug, daß sie nur selten größere Räume umfassen, so dürfen Sie sich auch durch die Namen, die man ihnen beigelegt hat, keineswegs verleiten lassen, sie mit den Alpen, Karpathen, Pyrenäen, dem Kaukasus oder gar mit den Cordilleren und dem Himalaja der Erde zu vergleichen. Es fehlt ihnen geradezu Alles, was wir als wesentlich für den Charakter eines Alpengebirges zu betrachten gewohnt sind, Alles, was bei uns die Großartigkeit wie die Anmuth der Alpennatur bedingt. Es fehlen ihnen die langgestreckten Grate und Kämme, welche in unsern Alpen die hohen

Berggipfel tragen; es fehlen ihnen die Längsthäler, die bei uns gegenwärtig den Lauf der großen Ströme bedingen, und die sich theils gleichzeitig mit der Entstehung des Gebirges bildeten, theils im Laufe der Zeit durch die Gewässer so tief und steil eingeschnitten wurden. Zwar giebt es Gebirge auf dem Monde, die, wie der Apennin, 3800 Quadratmeilen bedecken und sich zu einer Höhe von 5400 Meter, ja, wie das südliche Randgebirge Leibnitz, bis 8200 Meter Höhe erheben; aber selbst diese gewaltigen Gebirge erscheinen nur als eine regellose Gruppirung größerer und kleinerer, durch Thalschluchten getrennter und vereinzelter Bergmassen. Sie können freilich auch Gebirgswände auf dem Monde finden, die sich viele Meilen weit hinziehen, ja Sie werden sogar ihren Fuß bisweilen von niedrigen Hügelterrassen umlagert sehen, die Sie an jene mächtigen Trümmerhalden erinnern werden, welche unsere irdischen Alpenzüge zu begleiten pflegen, und die von den aufgerichteten und zerbrochenen Schichten herrühren, die beim Emporsteigen der Gebirgsmassen zurückgedrängt wurden und an ihren Fuß niederrollten. Aber nirgends zeigen diese Bergzüge den Charakter einer dachförmig nach beiden Seiten abfallenden Mauer, wie die Grate unserer Alpenzüge sind. Vereinzelung ist der ausgesprochene Charakter auch in den Massengebirgen des Mondes. Es liegt darin eine gewisse Ursprünglichkeit; es ist, als ob wir auf dem Monde noch die Urformen der Gebirge sähen, die auf der Erde bereits durch eine vieltausendjährige Geschichte entstellt und verhüllt wurden.

Der Charakter der Isolirtheit erhält auf dem Monde noch einen besondern Ausdruck durch die einzelnen hellglänzenden Berge, die sich zahlreich, oft in kleine Gruppen vereinigt, aus seinen Ebenen erheben. Sie steigen stets ohne merkliche Verbindung mit anderen Erhebungen hell aus dem dunkeln Grau der Ebenen auf, und nur wenige erreichen eine Höhe von 1600—1900 Metern. Aber diese Höhe genügt bei der geringen Breite ihres Fußes, ihren Schatten eine außerordentlich lange und spitze Form zu verleihen, und man hat darum sehr viele von ihnen mit dem Namen von Piks bezeichnet. Aus diesen Schatten und diesen Namen darf man aber dennoch nicht auf ihre sehr imposanten Gestalten schließen. Keiner von ihnen erinnert in seinem wirklichen Profil an unsere steilen Alpengipfel, keiner selbst, wie einer der neuesten Mondforscher, Julius Schmidt, bemerkt, an die stumpfe Pyramide des Niesen am Thunersee.

Wie es aber dem Monde an imposanten Bergspitzen fehlt, so scheint ihm auch ein eigentliches Hügelland abzugehen. Was wir noch allenfalls dafür nehmen können, das sind die sogenannten Bergadern, die oft 10—70 Meilen lang bei einer Höhe von 150—200, selten von mehr als 300 Meter in vielfachen Krümmungen und Verzweigungen die grauen Ebenen durchziehen und bisweilen ganz erfüllen, bald in Kratern endend, bald sich unmerklich in der Ebene verlierend. Oft erscheinen sie nur als schwache Faltungen am Rande beulenförmiger Auftreibungen, oft als strahlenförmige Ausläufer eines Kraters. Dann treten sie wieder als langgestreckte, stufenförmige Absätze oder als gerade steile Mauern mitten in den Maren auf, und ihr Rücken ist mit kleinen, wenige Meter hohen Erhebungen besetzt. Daß sie oder ihre Schatten uns überhaupt bei ihrer geringen Erhebung noch sichtbar werden, liegt nur an der Länge ihrer Erstreckung und ihrer Breite, da ein Fernrohr uns Gegenstände von so geringen

Höhen durchaus nicht wahrnehmen läßt, in dem Falle, daß ihre Breite nicht zu gleicher Zeit eine sehr bedeutende ist.

Wollen Sie sich aus Dem, was ich Ihnen von den Oberflächenformen des Mondes gezeigt und erzählt habe, ein Gesammtbild zusammensetzen, so wird es etwa der Vorstellung entsprechen, die Sie sich von der Oberfläche unserer Erde in ihrem ältesten Urzustande machen müssen. Wenn Sie gleichwol nur in den jüngsten Gebilden unserer Erde, den vulkanischen, eine Anknüpfung für die Gebirgsformen des Mondes finden konnten, so dürfen Sie nicht vergessen, daß der Zeitraum, den wir in der vulkanischen Geschichte der Erde zurückgehen können, nichts ist im Vergleich zu ihrem wirklichen Alter, nichts im Vergleich zu dem Zeitraum, der sich beim Monde zurückverfolgen läßt, weil der Ozean hier fehlt mit all' den tausend Veränderungen des bewegten, rinnenden Wassers. Diese Veränderungen, die wir auf der Erde noch heute vor sich gehen sehen, sind so unermeßliche Zeiträume hindurch wirksam gewesen, daß die Geologen noch keinen Theil der Erde gefunden haben, selbst die Riesenkette der Anden nicht ausgeschlossen, der nicht mehr als einmal unter der Meeresflut begraben gewesen wäre, und zwar so lange und so tief, daß sich auf ihm Sedimentgesteine von Tausenden von Metern Mächtigkeit ablagern konnten. Vergessen Sie also nicht, daß auch die ältesten Krater auf der Erde, nach den an ihren unteren Abhängen gefundenen Muscheln zu schließen, kaum einer ältern Periode als der sogenannten „post-pliocenen" angehören, daß die großartigen vulkanischen Ringe der älteren, der sogenannten „sekundären" und „primären" Zeiten, die mit den Wallebenen des Mondes vielleicht zu vergleichen wären, durch die Bildungen des Wassers für immer dem Blicke des Menschen entzogen sind. Wollen Sie sich aber eine Vorstellung von den gewaltigen Verhältnissen machen, die zu jener Zeit herrschten, als die Kruste der Erde noch dünn und ihr ganzes Innere von einer glühenden Flüssigkeit erfüllt war; als ihre flüchtigeren Substanzen in Ozeane von Dämpfen aufgingen, die mit furchtbarer Heftigkeit gegen die schwache Rinde reagirten: so betrachten Sie diese Oberfläche des Mondes, die niemals unter einen Ozean hinabgesunken ist. Hieran können Sie ermessen, welche Wehen die Erde erduldet, und welche Größe ihre vulkanischen Oeffnungen in der ersten Zeit ihrer Feuerprobe gehabt haben müssen. Sie werden fragen: „Kommen auf dem Monde auch gegenwärtig noch Veränderungen seiner Oberfläche vor?" Diese wichtige Frage ist schwer mit vollster Genauigkeit zu beantworten; ich glaube aber, daß man, gestützt auf die Autorität von Julius Schmidt in Athen, sie heute bejahen darf. Lassen Sie mich Ihnen kurz die Sachlage auseinander setzen. Um eine Veränderung als solche konstatiren zu können, muß man offenbar den gegenwärtigen Zustand mit demjenigen einer frühern Zeit vergleichen können. Bezüglich einer Mondgegend kann man also nur dann Veränderungen erkennen, wenn man weiß, wie dieselbe Gegend früher ausgesehen hat. Alles kommt also darauf an, daß man aus möglichst früher Zeit genaue Karten des Mondes besitzt. Leider sind wir gegenwärtig in dieser Beziehung noch sehr übel daran. Die Anfertigung einer zuverlässigen Mondkarte ist eine außerordentlich mühevolle und langwierige Arbeit. Seit Erfindung des Fernrohrs haben viele Astronomen den Mond anhaltend beobachtet, aber erst im zweiten Jahrzehnt

dieses Jahrhunderts unternahm W. G. Lohrmann in Dresden eine wirklich topographische Aufnahme der Mondscheibe. Leider starb dieser fleißige Beobachter vor Vollendung seiner Arbeit, daher begannen Beer und Mädler in Berlin das Unternehmen von Neuem, doch gingen sie nicht soweit ins Detail ein als der Dresdner Astronom. Die Arbeit dauerte sechs und ein halbes Jahr, nämlich vom Frühjahr 1830 bis zum August 1836. Die Mondkarte, welche als Resultat derselben entworfen wurde, hat 1 Meter Durchmesser und ist demnach im Verhältniß von $\frac{1}{3500000}$ der wahren Länge entworfen. Eine geographische Karte in diesem Längenverhältnisse gilt bekanntlich keineswegs als Spezialkarte. Hätten die beiden Berliner Astronomen mehr ins Detail eingehen wollen, so würde ihre Arbeit einen unvergleichlich größeren Zeitraum in Anspruch genommen haben. Mädler sagt selbst, daß, um bei 800 bis 1000facher Vergrößerung die Apenninenkette des Mondes aufzunehmen, man drei bis vier Jahre nöthig haben würde. Seit einer Reihe von Jahren ist Jul. Schmidt in Athen mit einer neuen Mondkarte, welche den vierfachen Flächeninhalt der Beer- und Mädler'schen Karte hat, beschäftigt. Nach Allem, was von dieser bedeutenden Arbeit bis jetzt an die Oeffentlichkeit gekommen ist, darf man mit Recht das Höchste erwarten.

Unabhängig von diesen topographischen Arbeiten, haben Rutherfurd und Warren de la Rue in neuester Zeit mit Glück versucht, die Photographie zur Darstellung der Mondoberfläche zu verwenden. Die Fernrohre, deren sie sich bei diesen Versuchen bedienen, habe ich Ihnen bereits früher vorgeführt. Hier sehen Sie eine getreue, verkleinerte Reproduktion des Mondes im ersten Viertel, nach einer Photographie von Warren de la Rue. Wenn man das Original mit Hülfe einer Loupe betrachtet, so erkennt man eine Menge Detail und der Vergleich dieser Photographie mit der Mädler'schen Mondkarte zeigt die außerordentliche Genauigkeit der letztern. Die Photographie liefert so in einer Sekunde ein Bild des Mondes, das an Detailreichthum mit einer Karte wetteifert, zu deren Herstellung fast sieben Jahre erforderlich waren. Ich darf Ihnen jedoch nicht verschweigen, daß die Photographie des Mondes noch sehr bedeutende Fortschritte machen muß, ehe sie die mit kräftigen Fernrohren sichtbaren Minima von Kratern und Bergen so deutlich wiedergiebt, daß man mit ihrer Hülfe Veränderungen an diesen sicher konstatiren kann. In dieser Hinsicht stehen nach meiner Prüfung selbst die großen und prachtvollen Mondphotographieen von Rutherfurd sehr gegen die herrlichen Zeichnungen zurück, welche Julius Schmidt gelegentlich von einzelnen Mondlandschaften veröffentlicht hat. Sie sehen hieraus, daß wir bezüglich einer ins Detail eindringenden Kenntniß der einzelnen Formen der Mondoberfläche noch ziemlich am Anfange unseres Wissens stehen. Nichtsdestoweniger ist es doch dem eifrigen Mondbeobachter Schmidt in Athen gelungen, im Oktober 1866 zu konstatiren, daß der Mondkrater Linné im Mare serenitatis seine frühere Gestalt wesentlich verändert habe. Dieser Krater findet sich zuerst als solcher verzeichnet, in der, übrigens sehr rohen und unvollkommenen Mondkarte, welche Riccioli 1651 seinem Buche „Neuer Almagest" beigab; dagegen fehlt er in Doppelmayers 1742 erschienenem Atlas novus coelestis.



Der Mond im ersten Viertel, nach einer Photographie von Warren de la Rue.

Zur Zeit der Arbeiten Lohrmann's und Mädler's (1822 bis 1832) war Linné, ein über 10,000 Meter breiter und tiefer Krater, als solcher deutlich sichtbar, wenn er in der Nähe der Lichtgrenze lag und die hohen Wände des Walles ihre schwarzen Schatten ins Innere warfen. Seit dem 16. Oktober 1866 konnte Schmidt diese Kratergestalt zur Zeit schräger Beleuchtung nicht mehr wahrnehmen; es war als wenn der Krater durch Eruptionsprodukte ausgefüllt worden sei und diese über den Rand ausgeflossen wären und den äußeren Abhang mit allmälicher Neigung ausgefüllt hätten. Dann hört natürlich aller Schattenwurf nach innen und außen auf und der Berg erscheint als heller Lichtfleck, wie man deren viele in den verschiedensten Regionen des Mondes findet. Im Jahre 1867 zeigte sich Linné wieder in der Nähe der Lichtgrenze als heller, Schatten werfender Hügel von etwa 1000 Meter Durchmesser und 150 bis 200 Meter Höhe. Ein Krater von etwa 600 Meter Durchmesser war unter günstigen Umständen sichtbar. Seitdem scheinen die Veränderungen am Linné einen vorläufigen Abschluß damit gefunden zu haben, daß der Berg wieder einen etwa 6500 Meter im Durchmesser haltenden Krater zeigt. Es dürfte hier wol der Ort sein, Ihnen eine kurze Uebersicht der Versuche zur Ausführung von Karten der Mondoberfläche zu geben. Es ist klar, daß hieran erst gedacht werden konnte, als das Fernrohr ein genaues Sehen gestattete, denn dem bloßen Auge erscheint die Mondoberfläche so wenig deutlich, daß die Völker des Alterthums und selbst viele rohe Stämme der Gegenwart die Mondflecke in der abenteuerlichsten Weise erklären. Besonders der Hase wird mit dem Monde in Verbindung gebracht. Die Indier glauben, die Flecke rührten von diesem Thiere her, die Urbewohner Ceylons lassen den Hasen von Budha in den Mond versetzt werden, die Mongolen stellen sich etwas Aehnliches vor und die Nama-Hottentotten in Südafrika behaupten sogar, ein Hase habe das Gesicht des Mondes zerkratzt. Der griechische Philosoph Anaxagoras erklärte zuerst den Mond für eine Welt wie unsere Erde, mit Thälern und Bergen, aber erst mehr als 2000 Jahre später, im Mai 1609 erblickte Galilei durch sein Fernrohr den ersten Mondberg. Schon damals faßte dieser berühmte Forscher den Plan zu einer Mondkarte, aber das, was er zu Stande brachte, war nur eine sehr rohe Abbildung. Weit vorzüglicher war die Mondkarte, die Hevel zeichnete und die im Jahre 1647 erschien. Noch genauer war die Mondarbeit von Dominikus Cassini, indem bei derselben die Lage einiger Flecken durch wirkliche Messungen bestimmt wurden. Alle diese Arbeiten wurden indeß weit in den Schatten gestellt durch die Mondkarte, welche Tobias Mayer in Göttingen entwarf und welche ausschließlich auf genauen mikrometrischen Messungen beruhte. Sie erschien im Jahre 1775 und blieb länger als ein halbes Jahrhundert die einzige Generalkarte des Mondes, welche wirkliche Brauchbarkeit besaß. Die Beobachtungen der Mondoberfläche, welche Wilhelm Herschel und Hieronymus Schröter mittels ihrer großen Teleskope angestellt, haben für eine genauere Darstellung der Oberflächenverhältnisse unsers Trabanten wenig Bedeutendes ergeben. Es war vielmehr dem Oberinspektor des mathematischen Salons in Dresden, Wilhelm Gotthelf Lohrmann, vorbehalten, die erste größere und auf wissenschaftlichen Prinzipien beruhende Mondkarte nach eignen Beobachtungen

zu entwerfen. Im Jahre 1824 gab Lohrmann die erste Abtheilung seines Werkes „Topographie der sichtbaren Oberfläche des Mondes“ mit 4 Sektionen seiner Karte heraus. Der treffliche Beobachter starb 1840, bevor sein mustergiltiges Werk ganz erschienen war, doch fanden sich in seinem Nachlasse sämmtliche 25 Tafeln in definitiver Handzeichnung vollendet. Dieselben geben zusammengestellt eine Karte des Mondes von einem Meter im Durchmesser und ihre Herausgabe, die sich bis zur Gegenwart verzögerte, übernahm Julius Schmidt. Wenige Jahre nach Lohrmann und unabhängig von diesem unternahmen J. H. Mädler und W. Beer in Berlin die Herstellung einer großen Mondkarte von fast 1 Meter Durchmesser und eine genaue Beschreibung der Mondoberfläche. Diese Arbeit war im August 1836 vollendet und ist in jeder Beziehung mustergiltig zu nennen, wie besonders aus der Vergleichung der Karte mit der photographischen Aufnahme des Mondes hervorgeht.

Im Jahre 1839 endlich begann Julius Schmidt seine Beobachtungen der Mondoberfläche. Die ersten drei Jahre galten der Vorbereitung und Uebung, dann begannen die Detailaufnahmen, welche im Ganzen etwa 2000 Originalzeichnungen zu einer Karte von ca. 2 Meter Durchmesser lieferten. Diese Karte, welche in heliotypirten Abdrücken erscheinen soll, besteht aus 25 Tafeln mit kurzem Texte. Auf der Karte selbst erscheinen nur Ziffern und Buchstaben, außerdem keinerlei Schrift, so daß man die Nomenklatur blos im Texte findet. Um von der Reichhaltigkeit dieser Karte einen Begriff zu erhalten, genügt die Bemerkung, daß das Detail etwa sechs- bis siebenmal größer als bei Lohrmann und Mädler ist und daß, während diese etwa 5000 Ring- und Kraterformen verzeichnen, die Schmidt'sche Karte deren 35,000 enthält. Die Zahl der Rillen beträgt 230, die der Adern, Hügel und Berge ist unbekannt.

Es ist nichts naheliegender als daß bei Ihnen die Frage auftaucht: Ist der Mond bewohnt? Ich werde diese Frage zu beantworten versuchen.

Ehe ich dazu schreite, muß ich Ihnen indeß eine kurze, aber unterhaltende Geschichte erzählen. Als sich der berühmte Astronom John Herschel am Vorgebirge der guten Hoffnung aufhielt, um mit seinen Teleskopen die Wunder des südlichen Himmels zu durchforschen, erschien plötzlich eine kleine Schrift, welche selbst in gebildeten Kreisen außerordentliches Aufsehen erregte. Sie berichtete nämlich im Namen Herschel's die glänzenden Entdeckungen, welche derselbe auf dem Monde gemacht habe, und ließ ihn daselbst allerlei merkwürdige Geschöpfe, z. B. Schafe von sonderbarem Wuchs und Bau, Menschen mit Fledermausflügeln, Städte und Chausseen wahrnehmen. Es zeigte sich indeß bald, daß diese Schrift nichts als ein Spaß war, den sich ein Amerikaner mit der Leichtgläubigkeit seiner Zeitgenossen erlaubt hatte. Soll ich Ihnen eine Lehre aus dieser Geschichte ziehen, so ist es die, daß es zu allen Zeiten Leute gegeben hat und geben wird, welche der Wissenschaft um ihrer bereits erzielten Erfolge willen auch das Unmögliche zutrauen, welche z. B. darum, weil es den Astronomen mit Hülfe ihrer künstlichen Sehwerkzeuge gelungen ist, Mondberge zu entdecken, keinen Augenblick zweifeln, daß es ihnen auch gelingen werde, mit noch besseren Werkzeugen einst Mondmenschen zu sehen und mit ihnen in Korrespondenz zu treten. Ich brauche Ihnen gar nicht erst zu sagen, daß auch Astronomen, wenn

sie gegen die Phantasie nicht stets gerüstet bleiben, solchen Abenteuerlichkeiten verfallen können. Schröter und Gruithuisen wollen in der That Bauwerke der Mondbewohner gesehen haben; Letzterer erzählt von einem Kunstwerke des Mondes, das in der Nähe des Aequators, also in offenbar fruchtbarer Gegend gelegen, in einem Durchmesser von 5 Meilen genau nach den Weltgegenden gerichtete festungsartige Wälle zeige, und Schwabe in Dessau hat sogar noch Außenwerke dazu entdeckt. Wollen Sie sich also vor solchen Uebertreibungen hüten, so müssen Sie zuvor genau die Grenze prüfen, innerhalb deren die Wissenschaft wirklich Aufschlüsse zu geben vermag, d. h. die Grenzen, zu welchen das Sehen auch der Wissenschaft reicht, zu welchen das Auge überhaupt sich dem nachbarlichen Monde zu nähern vermag.

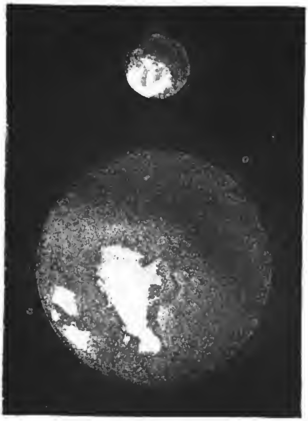
Der Astronom, wenn er durch sein Fernrohr zum Monde aufschaut, unternimmt eine Reise, d. h. er nähert sich dem Monde. Denn wenn wir von einer 1000maligen Vergrößerung sprechen, so heißt das nichts Anderes, als daß wir einen 1000 Meter entfernten Gegenstand durch das Fernrohr mindestens ebenso deutlich sehen, als wir ihn mit bloßem Auge in der Entfernung von 4 Metern sehen würden. Nun beträgt die Entfernung des Mondes von uns im Mittel 50,000 Meilen; sein wirklicher Durchmesser beläuft sich auf 468 geogr. Meilen, und dieser erscheint uns nach mikrometrischen Messungen von der Erde aus unter einem Winkel von 31 Minuten. Nehmen wir nun an, daß die äußerste Grenze der Sichtbarkeit für einen runden oder viereckigen Körper ein Gesichtswinkel von 1 Min. sei, so wird eine solche auf dem Monde etwa 15 geogr. Meilen entsprechen. Eine 60fache Vergrößerung wird uns aber schon Gegenstände unter Gesichtswinkeln von 1 Sekunde, also von einem wirklichen Durchmesser von 2000 Metern erkennen lassen. Aber eine 6000fache Vergrößerung würde erforderlich sein, um runde Gegenstände von 20 Metern Durchmesser wahrnehmen zu lassen. Nur ein langgestreckter Gegenstand würde schon unter günstigeren Bedingungen sichtbar werden; es würde dazu genügen, daß seine Breite uns nur unter einem Winkel von 6 Sekunden erschiene. Wir würden daher bei Anwendung einer 6000fachen Vergrößerung im Stande sein, 2 Meter breite Gegenstände von beträchtlicher Länge, also etwa Festungswerke, Dämme ꝛc. auf dem Monde zu erblicken, und das würde etwa einer Annäherung zum Monde bis auf 8 Meilen entsprechen, also einem ähnlichen Abstande, in welchem wir vom Rigi aus die Gruppe der Schreckhörner und Aarhörner erblicken. Die Fortschritte auf dem Gebiete der höheren Optik, die man in der neuesten Zeit errungen hat, und von denen ich Ihnen auch früher sprach, lassen es allerdings nicht unwahrscheinlich erscheinen, daß wir in den nächsten Jahrzehnten eine großartige Bereicherung unserer Kenntniß der Details der Mondoberfläche zu erwarten haben. Denken Sie sich einen Refraktor von etwa $1\frac{1}{2}$ Meter Oeffnung in der dünnen, reinen Atmosphäre der Höhen der amerikanischen Sierra Nevada aufgestellt und auf den Mond gerichtet, so begreifen Sie sofort, daß er Einblicke in die Mondwelt verschaffen wird, von denen wir gegenwärtig kaum etwas ahnen. Ein solches Fernrohr würde bei 500maliger Vergrößerung noch alle Punkte der Mondscheibe in ihrer natürlichen Helligkeit zeigen. Es würde unter Anwendung von 2000 bis 3000maliger Vergrößerung die Frage definitiv entscheiden, ob

auf dem Monde Bauwerke ähnlich unseren Häusern und Kirchen vorhanden sind. Damit wäre die Frage nach der Existenz mit Vernunft begabter Wesen auf dem Monde ebenfalls in gewissem Sinne entschieden. Solche direkt wahrzunehmen, daran dürfen wir allerdings zunächst nicht denken. Ich finde es indeß nicht allzu abenteuerlich, eine solche Möglichkeit von der Zukunft zu erwarten. Oder hätte man es vor 50 Jahren nicht für weit schwieriger gehalten, ein Instrument zu konstruiren, welches das Licht selbst zwingt, den Gegenstand von dem es kommt zu zeichnen? Und heute betrachten Sie nur die photographische Camera! Würde man vor 50 Jahren Denjenigen nicht verlacht haben, der von einer Chemie der Gestirne gesprochen hätte? Heute aber hat das Spektroskop dies und noch mehr zur Wahrheit gemacht. Aehnlich geht es mit dem Monde. Was die früheren Beobachter von 300maliger Vergrößerung als der stärksten, noch vortheilhaft auf den Mond anwendbaren, sagten, galt für ihre Instrumente und Observatorien, es hat aber keine Giltigkeit als Machtspruch für die Zukunft. Wir stehen gegenwärtig erst an der Schwelle des Einganges, der uns einen genauen Blick in die heimatlichen Zustände der Mondoberfläche gestatten wird. Noch vor Ablauf des gegenwärtigen Jahrhunderts wird man wahrscheinlich hierüber noch merkwürdige Dinge erfahren.

Ist nun, werden Sie fragen, der Mond unbewohnt, und soll er es in alle Ewigkeit sein? Soll die Erde allein unter den Millionen Welten den Vorzug der Belebtheit haben, soll rings im unermeßlichen Ozeane todte Einöde sein? Entscheiden läßt sich darüber nichts. Wenn sich aber auch das Leben des Mondes zur Schöpfung verkörperter Gedanken, thierischer, menschenähnlicher Wesen erhebt, so lehrt die Wissenschaft uns wenigstens gewisse Bedingungen für ihre Naturbeschaffenheit errathen. Die Wissenschaft zeigt, daß die Gesetze, denen das Leben unserer Erde gehorcht, auch für andere Welten gelten, mag auch diese Wesenseinheit nicht die Mannichfaltigkeit in den Formen ausschließen. Schon in unserer irdischen Thierwelt sehen Sie ja diese Einheit sich in der mannichfachsten Gestaltung entfalten. Wie verschieden sind nicht die Athmungs- und Bewegungsorgane! Da sehen Sie Lungen, Kiemen und Tracheen, Arme, Füße, Flügel und Flossen, je nach der Natur des Elements, in welchem die Thiere athmen und sich bewegen. Reicher und fremdartiger noch mag diese Gestaltung auf anderen Weltkörpern sein. Immer aber wird es uns gestattet sein, nach den ewigen Naturgesetzen aus den bereits erkannten Naturbedingungen Schlüsse, wenn auch nicht mit mathematischer Sicherheit, auf die Lebensformen der Bewohner jener Welten zu ziehen. Auf dieses Recht gestützt will ich es nun versuchen, Ihnen aus Klima, Boden und Landschaft ein annäherndes Bild von den Lebensverhältnissen der Mondwelt zusammenzusetzen.

Ich muß Sie zuerst darauf aufmerksam machen, daß auf der Oberfläche des Mondes die Schwere weit geringer ist als auf der Erde. Sie würden dort ohne sonderliche Anstrengung über Berge und durch tiefe Thäler wandern können; alle ihre Bewegungen würden Ihnen das Gefühl einer ungemeinen Leichtigkeit geben. Da nämlich die Masse des Mondes nur etwa $^1/_{80}$, sein Durchmesser nur $^4/_{15}$ im Verhältniß zu unserer Erde beträgt, die Schwere aber nach einem bekannten Naturgesetz im geraden Verhältniß der Massen und im umgekehrten

der Quadrate der Halbmesser abnimmt, so ist die Schwere auf dem Monde ungefähr sechsmal geringer als auf der Erde. Mit derselben Kraftanstrengung also, mit der Sie hier 8—9 Kilogramm heben, würden Sie dort einen Centner in Bewegung setzen können; mit derselben Kraft, mit der Sie hier einen Stein 16 Meter hoch werfen, könnten Sie ihn dort 96 Meter hoch schleudern. Unebenheiten des Bodens würden also einem in unserer Weise organisirten Mondbewohner dort kaum Schwierigkeiten bereiten. Schnell vermöchte er über Hügel hinzugleiten, die uns auf Erden riesige Wegebauten abnöthigen würden. Sie sehen, wie wenig man an dieses Verhältniß der Schwere gedacht hat, als man sich abmühte, den Mond in einer Weise zu bevölkern und zu bebauen, daß er von unserer Erde kaum noch zu unterscheiden war.



Größenverhältniß von Erde und Mond.

Lassen Sie uns nun aber auch nach den beiden wichtigsten irdischen Lebenselementen, Luft und Wasser, umschauen. Damit ist es dort oben leider schlecht bestellt. Lassen Sie sich nicht durch ein Gefühl von Mitleid für das Wohl der armen Mondmenschen bestechen; die Wissenschaft muß Ihnen durch alle Resultate ihrer bisherigen Forschung jeden Glauben an ein Dasein von Luft und Wasser, wie Sie es von der Erde her kennen, für den Mond verbieten. Jede Luftart giebt sich bekanntlich dadurch zu erkennen, daß sie den hindurchgehenden Lichtstrahl ablenkt und schwächt. Die Atmosphäre des Mondes zeigt nicht das Geringste von Beidem. Die Landschaften des Randes erscheinen mit derselben Deutlichkeit wie die der Mitte, und ein Stern zeigt bei seinem Eintritte in den Mondrand so wenig als bei seinem Austritte eine Schwächung, Verzögerung oder Ablenkung seines Lichtes. Auch der Wasserdampf müßte sich durch Strahlenbrechung verrathen, wenn er in jener Atmosphäre aufgelöst, oder wenn die Mondfläche mit Wasser bedeckt wäre, das seine Eigenschaft, zu verdunsten, dort doch auch nicht verleugnen könnte. Man hat Alles aufgeboten, dem Monde seine Atmosphäre zu retten. Man hat darauf hingewiesen, daß eine sehr dünne Luftschicht, selbst von tausend Meter Höhe, in ihren Wirkungen kaum für unsere Fernröhre bemerklich werden könne. Man hat, namentlich seit Hansen in Gotha nachgewiesen, daß der Schwerpunkt des Mondes nicht mit seinem Mittelpunkt zusammenfalle, daß die uns zugewandte Mondhälfte vielmehr bedeutend schwerer sei als die uns abgewandte, auf der letzteren der Mondatmosphäre eine Zuflucht angewiesen. Man hat gesagt, die uns zugewandte Mondscheibe sei gleichsam nur als ein bedeutend erhabenes Gebirgsplateau zu betrachten, das über die eigentliche Atmosphäre hinausrage, während die andere

Hälfte alle Niederungen, alles Wasser, alle Luft und darum alles organische Leben umfasse. Wollen Sie nun kraft der unantastbaren Rechte Ihrer Phantasie Luft und Wasser des Mondes auf jenes abgewandte Jenseits verweisen, wollen Sie dort von paradiesischen Gefilden, rieselnden Bächen und milden Zephyren träumen, so kann ich nichts dawider haben, außer daß der geringe Theil dieser Fläche, der uns in Folge der Libration sichtbar wird, und der etwa $^1/_7$ dieser Fläche beträgt, noch nichts von einem solchen jenseitigen Luftreich verrathen hat. Wollen Sie das aber nicht, so bleibt Ihnen nur übrig, mit den meisten Astronomen eine Mondatmosphäre von so ätherischer Feinheit anzunehmen, daß in der Entfernung von 50,000 Meilen ihre Spuren nicht zu entdecken sind. Die sorgfältige Berechnung Bessel's ergab als äußerste Grenze der Möglichkeit eine Mondluft von fast tausendmal geringerer Dichtigkeit als unsere atmosphärische Luft. Ich will versuchen, ihnen den Weg klar zu machen, auf welchem Bessel zu diesem interessanten Resultate gelangt ist.

Wie ich schon oben bemerkte, lenkt jedes Gas den schief hindurchgehenden Lichtstrahl von seiner geraden Linie ab. Bei unserer Atmosphäre findet dies ebenfalls statt. Infolge der durch sie verursachten Lichtbrechung oder Refraktion erscheint uns die Sonne schon über dem Horizonte, wenn sie in der That um ein Geringes unter demselben ist. Die Lufthülle beschleunigt also den Sonnenaufgang und verzögert den Sonnenuntergang, mit anderen Worten: sie verlängert um einige Minuten den Tag und verkürzt um eben so viel die Nacht. Wenden wir uns jetzt zum Monde. Wie Sie wissen, bewegt sich derselbe am Himmel unter den Sternen fort, und es kommt dabei von Zeit zu Zeit vor, daß er den einen oder andern Stern für unser Auge verdeckt. Nehmen wir nun an, der Mittelpunkt der Mondscheibe gehe genau über einen Stern weg. Es findet dann eine sogenannte centrale Bedeckung dieses Sternes statt und Sie werden ohne Schwierigkeit begreifen, daß der Stern für den Anblick von der Erde aus so viele Zeitsekunden lang unsichtbar bleiben muß, als der Mond bedarf, um einen Bogen am Himmel zu durchlaufen, der an Größe seinem eigenen Durchmesser gleich ist. Wäre er aber von einer Atmosphäre umgeben, so könnte dies nicht mehr stattfinden, vielmehr würde diese auf den Stern ähnlich wirken wie unsere Lufthülle. Der Stern würde infolge der Refraktion noch sichtbar sein, wenn er wirklich schon vom vorangehenden Mondrande bedeckt worden, und er würde bereits wieder hinter dem Mondrande aufzutauchen scheinen, wenn er in Wirklichkeit noch davon bedeckt wäre. Die Dauer der Bedeckung muß hiernach durch die Mondatmosphäre abgekürzt werden. Bessel hat nun scharfe Beobachtungen der Dauer von Sternbedeckungen durch den Mond angestellt und gefunden, daß sie genau so stattfinden, als wenn keine Lichtbrechung am Mondrande existirt, also auch keine Lufthülle den Mond umgiebt. Selbst wenn er alle Umstände in dem, der Annahme einer Mondluft günstigsten Sinne in Rechnung brachte, fand er für deren Dichte doch nur den außerordentlich geringen Werth den ich Ihnen vorhin angab. Sie sehen, wie wenig an eine Aehnlichkeit der Naturverhältnisse von Mond und Erde zu denken ist. Ganz andere Leiber müssen jene Mondbewohner tragen, anderes Blut muß in ihren Adern fließen, mit anderen Lungen müssen sie athmen. Wir wenigstens vermöchten in solcher Welt nicht zu leben!

Können Sie sich aber schon mit der Luft des Mondes nicht befreunden, so werden Sie es noch weniger mit seinem Kalender. Tage und Jahre giebt es dort eigentlich nicht; denn Tag und Jahr fallen zusammen und währen so lange als unsere Monate, 29 Tage 12 Stunden 44 Min. Auch ein Unterschied von Jahreszeiten ist kaum merkbar. Die Tage sind durch den ganzen Verlauf unseres Erdenjahres fast von gleicher Dauer, alle Tage gleich hell, alle Nächte gleich dunkel. Der Mangel einer strahlenbrechenden Atmosphäre raubt die Wohlthat der Dämmerung, und nur die Langsamkeit des Sonnen-Auf- und Untergangs mildert etwas den Uebergang vom glänzendsten Tage zur dunkelsten Nacht. Mit Augen gleich den unserigen würden die Mondbewohner diese scharfen Kontraste von Licht und Schatten nicht ertragen, indem sie jene sanften Uebergangsfarben zwischen Schwarz und Weiß, die unsere Welt mit ihrem bunten Spiel verschönen, nicht kennen. Ein schwarzer Himmel, sonnenbeglänzte Höhen, dämmerungsgraue Thäler, das wären die Lichtelemente ihrer Landschaft.

Während tiefes Dunkel die Nächte der jenseitigen Mondhälfte bezeichnet, und nur Sterne an der schwarzen Hülle funkeln, die fast 15 Tage lang sich über jener Fläche wölbt, giebt es auf der uns zugewandten Seite keine durchaus finstere Nacht; die Erde erleuchtet sie beständig und mit einem 14mal helleren Lichte, als uns der Mond leuchtet. Sie werden dieses Erdlicht in dem schwachen, aschgrauen Dämmerschein des unbeleuchteten Theiles des Mondes vor und nach dem Neumonde erkennen, wie es von der Erde empfangen, vom Monde abermals zur Erde zurückgeworfen wird. Sie werden vielleicht schon die Bemerkung gemacht haben, daß es Ihnen bei abnehmendem Monde lebhafter als bei zunehmendem erscheint, und einige Astronomen wollen dies dadurch erklären, daß zur einen Zeit die stärker reflektirende Kontinentalhälfte der Erde, zur andern die ozeanische dem Monde gegenüber steht. Der ganze Himmel bewegt sich den Mondbewohnern langsam in $29^1/_2$ Tagen um seine Axe, und nur einmal gehen an dem langen Tage Sonne und Sterne auf und unter. Nur die Erde steht, wie Sie bereits wissen, für denselben Ort des Mondes fast unverrückt fest an ihrer Stelle. Alle 24 Stunden 50 Minuten wendet sie dem Mondbewohner alle ihre Seiten zu, und mit irdischen Sehorganen würde er auf der die Mondscheibe 14mal an Fläche übertreffenden Erdscheibe nach einander Meere, Kontinente und Inseln vorüberziehen sehen. Er würde ihre Helligkeit wechseln sehen mit Land und Meer, mit Jahreszeiten und Kulturveränderungen, mit Wolken- und Nebelbildungen auf der Erde. So wird der Mondbewohner also nicht nur Uhr und Kalender an der Erde haben, sondern er wird sich auch Karten von der Erde entwerfen können, um deren Genauigkeit ihn in manchen Beziehungen unsere irdischen Geographen beneiden möchten.

Bezüglich der Dauer des Tages findet für die uns zugekehrte und die abgewandte Seite des Mondes eine kleine Verschiedenheit statt, auf die ich Sie noch aufmerksam machen möchte. Für den durch die Mitte der diesseitigen Mondhemisphäre gehenden Meridian ist die Dauer des mittlern Mondtages 354 Stunden 55 Minuten 57 Sekunden, für den Meridian der jenseitigen Mitte 353 Stunden 48 Minuten 2 Sekunden. Der Grund dieses kleinen Unterschiedes ist darin zu suchen, daß, wenn der Mond von der letzten Quadratur zur ersten

rückt, die wirkliche Bewegung desselben der scheinbaren der Sonne entgegengesetzt ist und letztere dadurch etwas beschleunigt wird. Es tritt also eine Verspätung des Sonnenaufganges und eine Beschleunigung des Sonnenunterganges ein, die für den durch die abgewandte Mondhälfte gehenden mittelsten Meridian zusammen 33 Minuten 56 Sekunden beträgt.

Auf der uns abgewandten Seite des Mondes erfährt der Bewohner von unserer Erde nichts, es müßten ihm denn Reisende von ihr berichten. Dafür ist diese Seite mit ihren dunkeln, fast 15tägigen Nächten die Sternwarte des Mondes, die schönste unseres Planetensystems überhaupt. Kein Erdschein, keine Dämmerung hindert dort die feinsten Beobachtungen; langsam nur verändern die Sterne ihre Oerter, und Wolken und Nebel verhüllen sie nicht.

Aber was helfen uns alle diese Vorzüge? werden Sie sagen; es wird uns unheimlich auf dieser fremden Welt. Die Sonne vermag diese dünne Luft kaum zu erwärmen, und wenn uns in den Ebenen des Aequators eine 14tägige Sonnenhitze ausgedörrt hat, versetzt uns eine 14tägige Nacht wieder in erstarrende Kälte. Unsere Augen werden geblendet von diesem dämmerungslosen, wolkenlosen, farblosen Tage. Wir brauchen Adleraugen, brauchen eine andere Empfindlichkeit unserer Nerven für Farben- und Lichttöne. Unser Körper ermüdet, er ist nicht kräftig, nicht ausdauernd genug gebaut für eine solche Tagearbeit!

Wohlan! So unerträglich, so unheimlich wird diese Fremde, und doch waren Sie nahe daran, sich von Ihrer Phantasie verleiten zu lassen, daraus eine Heimat für menschenähnliche Wesen zu schaffen! Verändern Sie eine der Naturbedingungen auf unserer Erde, und Ihre Existenz wird Ihnen ebenso gefährdet erscheinen. Denken Sie nur, welchen Einfluß allein die Beschaffenheit der Atmosphäre auf die Körpergestaltung ausübt! Unser Leben ist von der Sauerstoffmenge abhängig, die wir mit jedem Athemzuge aufnehmen. Auf hohen Bergen müssen wir schneller athmen, weil die Luft dünner ist. In der dünnen Mondluft würde eine Athmung Ihnen also nur dann noch möglich erscheinen, wenn auch das Blut eine langsamere Verbrennung erforderte. Aber damit hängt noch weit mehr zusammen. In so dünner Luft wird auch das Wachsthum der Pflanzen geringer sein, da ihnen die Nahrungsmittel ja ebenso verdünnt zugeführt werden. Der Ertrag einer Mondvegetation kann also in gleicher Zeit nur etwa der tausendste Theil von dem der irdischen sein. Da aber die Thierwelt wieder von der Pflanzenwelt abhängt, so muß auch wegen der geringeren Nahrungsmenge ihre Masse in demselben Verhältniß zu der unserer Thierwelt stehen. Geben Sie also dem Mondbewohner dieselbe Dichtigkeit der Knochen und Muskeln, wie wir sie besitzen, so werden Sie ihn so verkleinern müssen, daß er kaum noch die Größe einer Linie, also etwa einer kleinen Ameise behält. Geben Sie ihm wiederum unsere Größe, so wird für seinen Körper kaum noch eine Dichtigkeit bleiben, welche die unserer Luft etwa überträfe. Aber noch mehr! Die langen Tage und Nächte des Mondes und die damit verbundenen außerordentlichen Temperaturwechsel werden Sie zu der Annahme nöthigen, daß die meisten Pflanzen dort in einem Mondtage oder Mondsommer ihr Wachsthum vollenden. Damit aber möchte wieder ein schnellerer Verlauf der Lebensprozesse überhaupt bedingt sein. Wenn aber der Kreislauf des Lebens dort zwölfmal

schneller als auf der Erde erfolgt, so möchte wol gar das Leben der Individuen zu kurz werden für eine der irdischen gleiche Entfaltung geistiger Kultur. Mit jeder veränderten Naturbedingung entfernt sich die Gestaltung der fremden Lebenswelt mehr und mehr von dem Urbilde, das Sie von der Erde her mitgebracht hatten. Ich habe nicht ohne Absicht Ihren Aufenthalt auf dem Monde verlängert, nicht ohne Absicht den Fragen Ihrer Neugier Raum gegeben. Sie sollten gleich beim ersten Ausfluge in den Himmelsraum, gleich in der nächsten Nachbarschaft der Erde sich überzeugen, daß irdische Naturverhältnisse keinen Maßstab abzugeben vermögen für die Naturverhältnisse anderer Welten, daß Sie darauf verzichten müssen, in Geheimnisse des Lebens einzudringen, wo Ihnen nur Formen zur Erscheinung kommen, daß Sie der Phantasie keinen Finger breit Raum geben dürfen, wenn Sie nicht ein Reich der Träume statt der Wirklichkeit durchwandern wollen.

Zum Schlusse noch einige Worte über den Einfluß des Mondes auf unsere Erde. Abgesehen von der Ebbe und Flut unserer Meere, welche, wie Sie wissen, durch die Mondanziehung im Vereine mit der Attraktion der Sonne hervorgerufen werden, haben geraume Zeit hindurch Zweifel über die etwaige Mondeinwirkung auf unsere Planeten geherrscht. Während die Einen hier ganz beträchtliche Einflüsse sehen wollten, läugneten Andere jede Spur davon. Neuere Forschungen haben gezeigt, daß hier, wie in vielen anderen Fällen, die Wahrheit in der Mitte lag. Gewiß existirt eine Einwirkung des Mondes und zwar zunächst auf den Luftdruck, wie er vom Barometer angezeigt wird. Besonders die Untersuchungen von Sabine und Bergsma haben ergeben, daß in der Atmosphäre eine Art von Ebbe und Flut stattfindet, welche durch den Mond hervorgerufen wird. Nach Beobachtungen zu Batavia steigt im Mittel das Barometer eine Stunde nach dem Monddurchgange durch den Meridian um $^{7}/_{100}$ Millimeter über seinen durchschnittlichen Stand, sinkt 6 Stunden später $^{4}/_{100}$ Millimeter unter denselben, erhebt sich nach weiteren 6 Stunden abermals um $^{5}/_{100}$ Millimeter über das Mittel und sinkt wiederum 6 Stunden später $^{6}/_{100}$ Millimeter unter dasselbe. Sie haben hier eine deutliche Ebbe und Flut der Atmosphäre, doch allerdings von so geringer Intensität, daß langjährige, feine Beobachtungen dazu gehören, um sie überhaupt wahrzunehmen. Dagegen hat sich der lange behauptete Einfluß der Mondphasen auf das Wetter nicht bestätigt. Die Mondviertel sind ganz unschuldig an dem Regen oder Schnee, der vielleicht zur Zeit ihres Eintrittes fällt. Anderseits hat schon im Jahre 1839 Kreil auf einen Zusammenhang zwischen den magnetischen Schwankungen und dem Mondlaufe hingewiesen und 1864 Lamont in München gezeigt, daß im Laufe eines Mondtages zwei Maxima und zwei Minima der Bewegung der Magnetnadel nach sehr nahe gleichen Zwischenzeiten stattfinden. In welcher Weise diese Einwirkung des Mondes zu Stande kommt, läßt sich gegenwärtig mit Sicherheit nicht sagen. Vielleicht spielt die Wärme des Mondlichtes dabei eine Rolle, die nach neueren Untersuchungen auch beträchtlicher ist, als man früher anzunehmen geneigt war. Die Zukunft wird uns auch in dieser Beziehung größere Klarheit bringen. Jedenfalls dürfen wir annehmen, daß zwischen zwei so eng mit einander verbundenen Weltkörpern wie Erde und Mond, noch manche Wechselbeziehung stattfindet, von der wir zur Zeit keine Ahnung haben.



Sonnenaufgang im hohen Norden.

Drittes Kapitel.

Die Sonne.

Von mir kommt Leben und Gewalt,
Gedeihen, Wohlthun, Macht;
Und würd' ich finster, ruhig, kalt,
Stürzt' Alles in die Nacht.

Zwanzig Millionen Meilen haben wir auf den Wellen des Lichtmeers durchflogen, vierhundertmal haben wir die Strecke, die den Mond von unserer Erde trennte, durchmessen, und vor uns schwebt nun der strahlende Riesenball der Sonne. Aber wer hat es gewagt, einen irdischen Maßstab zu legen an diese ungeheure Wegstrecke, durch die uns wol der Lichtstrahl in $8^1/_4$ Minuten tragen konnte, die aber zu durcheilen schon der Schall 14 Jahre brauchen würde? So fragen Sie verwundert, und in der That ist es noch nicht gar zu lange her, daß man eine genaue Kenntniß von dieser Entfernung hat. Pythagoras hielt noch den Abstand der Sonne und der Erde für nicht größer als etwa 16—18,000 Meilen, und selbst die größten Astronomen des Alterthums, Aristarch von Samos, Hipparch und Ptolemäus, wagten, trotz der scharfsinnigen Messungsmethode des Erstern, die Sonne nicht auf mehr als 1146 Halbmesser der Erde zu entfernen.

Daß das Mittelalter an dieser Vorstellung nichts änderte, wird Sie nicht in Erstaunen setzen, wol aber, daß auch ein Kopernikus, ein Tycho Brahe nicht darüber hinauskamen. Kepler glaubte zwar diese Schätzung des Sonnenabstandes verdreifachen zu müssen, aber ohne doch einen eigentlichen Grund für seine neue Annahme zu haben. Erst im vorigen Jahrhundert begann man wirkliche Beobachtungen anzustellen, welche man genaueren Berechnungen der Sonnenentfernung zu Grunde legen konnte, und mit jeder Beobachtung rückte die Sonne weiter hinaus in den Weltraum. Im Jahre 1751 war durch Lacaille's Beobachtungen bereits ein Abstand vor 20,123 Erdhalbmessern oder etwa 17 Mill. Meilen erreicht worden. Im Jahre 1769 endlich wurde das erste sichere Resultat gewonnen. Dies Resultat, das wir einem der wichtigsten und seltensten Ereignisse des Himmels und den vereinten Anstrengungen aller Nationen Europa's verdanken, setzte die mittlere Entfernung der Sonne auf 23,984 Erdhalbmesser oder 20,682,329 geogr. Meilen fest. Freilich konnte dieser Werth nur als eine Annäherung zur Wahrheit bezeichnet werden, und ich mag Ihnen nicht verschweigen, daß ein Irrthum von 1/2 Million Meilen mehr oder weniger von dieser Zahl noch keineswegs ausgeschlossen war. Sie werden diese Langsamkeit und Unsicherheit in der Ausbildung unserer Kenntniß von der Sonnenentfernung unbegreiflich finden, Sie werden nach der Ursache fragen, warum nicht wenigstens in den letzten 90 Jahren ein weiterer Schritt hierin gethan wurde, zumal doch die Gegenwart so reich an wahrhaft überraschenden Aufschlüssen auf dem Gebiete der Astronomie gewesen ist. Ich will es versuchen, Ihnen darauf eine Antwort zu geben.

Den Abstand eines Himmelskörpers von der Erde zu bestimmen, erfordert offenbar kein wesentlich anderes Verfahren, als dessen sich etwa der Feldmesser bedient, um den Abstand eines Ortes auf der Erde von einem anderen zu ermitteln. Ich will versuchen, Ihnen dieses Verfahren der Feldmesser an einem einfachen Beispiele klar zu machen. In Figur auf S. 197 ist A ein Punkt jenseit des Flusses, dessen Entfernung von B gemessen werden soll, der aber von hier aus direkt nicht erreicht werden kann. Um unter diesen Verhältnissen den Abstand von B zu bestimmen, mißt der Feldmesser zunächst eine sogenannte Standlinie oder Basis BC mittels der Meßkette genau aus. Nachdem dies geschehen, stellt er in B seinen Theodoliten auf und bestimmt mit Hülfe desselben den Winkel ABC, darauf begiebt er sich nach B, stellt hier sein Instrument auf und mißt den Winkel ACB. Aus der Geometrie ist nun bekannt, daß in dem Dreieck ABC der Winkel bei A an Größe gleich ist 180° minus der Summe der Winkel B und C, und nun ist es leicht, durch Konstruktion oder durch Rechnung die Länge der Linie AB zu bestimmen. Auch der Himmelskörper wird, wenn er sich irgend in meßbarer Entfernung befindet, von zwei verschiedenen, hinreichend weit auseinander gelegenen Beobachtungspunkten, natürlich im gleichen Augenblicke, an verschiedenen Orten, d. h. unter verschiedenen Winkeln mit dem Horizont oder dem Zenith gesehen werden. Kennt man also den Abstand der Beobachtungsörter und den Unterschied der beiden Winkel, unter welchen der Himmelskörper beobachtet wurde, so kann man daraus den Abstand berechnen. Der Unterschied dieser Winkel entspricht zugleich dem Winkel, welchen die von

den Beobachtungsorten auf den Himmelskörper gerichteten Gesichtslinien einschließen, und ist offenbar der Gesichtswinkel selbst, unter welchem der Abstand der Beobachtungsorte von dem Punke, dessen Entfernung man sucht, gesehen werden würde. Ich kann Ihnen nun in aller Kürze sagen, daß es eben dieser Winkel ist, den der Astronom als Parallaxe bezeichnet, vorausgesetzt nämlich, daß der Abstand der beiden Beobachtungsorte der Halbmesser der Erde selbst ist; eine Voraussetzung, die allerdings nur zutrifft, wenn der eine Beobachtungsort der Mittelpunkt der Erde selbst und der andere so gewählt ist, daß der Himmelskörper, dessen Abstand gemessen werden soll, in dem Horizonte desselben erscheint.

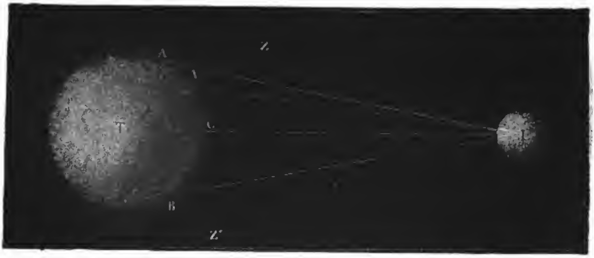


Messen der Entfernung eines unzugänglichen Punktes.

Daß jede wirkliche Beobachtung auf diese ideellen Bedingungen durch Rechnung zurückgeführt werden kann, dies Ihnen nachzuweisen, würde mich in diesem Augenblicke zu weit führen. Halten Sie nur daran fest, daß wir unter der Parallaxe den Gesichtswinkel verstehen, unter welchem der Erdhalbmesser von dem Punkte aus gesehen erscheinen würde, dessen Abstand gesucht werden soll.

Die ganze Schwierigkeit einer solchen Messung liegt also nur in der Größe des zu messenden Abstandes, da durch diese der Einfluß bedingt ist, welchen die möglichen Beobachtungsfehler auf die Sicherheit des Resultats haben. Je entfernter das Gestirn, desto kleiner wird die Parallaxe, und mit desto größerer Genauigkeit muß sie bestimmt werden, wenn die Fehler nicht einen zu bedeutenden Bruchtheil des Resultats umfassen sollen. Die Bestimmung der Mondparallaxe bietet darum die geringsten Schwierigkeiten, und über den Abstand des Mondes ist man niemals in allzugroßer Unsicherheit gewesen.

Das Verfahren der Astronomen zur Bestimmung der Mondparallaxe wird Ihnen aus untenstehender Figur deutlich. Hier bezeichnet T den Mittelpunkt der Erde und L das Centrum des Mondes. A und B sind zwei möglichst weit von einander entlegene Punkte der Erdoberfläche, Z und Z' ihre respektiven Scheitelpunkte. Der Beobachter in A mißt den Winkel Z A L oder die Zenithdistanz des Mondes an seinem Beobachtungsorte, und ebenso mißt der Beobachter in B den Winkel Z' B L oder die Zenithdistanz des Mondes in B.



Messen der Entfernung des Mondes von der Erde.

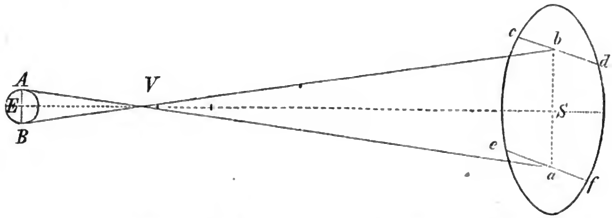
Diese Messungen müssen gleichzeitig — oder sie müssen doch wenigstens annähernd gleichzeitig angestellt werden, sodaß sie durch Rechnung auf den gleichen Zeitmoment reduzirt werden können. Ist nun ferner die geographische Breite jedes der beiden Beobachtungsorte genau bekannt, und nehmen wir ferner der Einfachheit halber an, daß A und B auf demselben Meridian liegen, so kennt man sofort auch den Winkel A T B, und diese Angaben genügen, in Verbindung mit der bekannten Größe des Erdhalbmessers, um die Entfernung des Mondes zu berechnen oder durch Konstruktion zu bestimmen. Die gleichzeitigen Beobachtungen, welche im Jahre 1756 Lalande in Berlin und Lacaille am Kap der guten Hoffnung anstellten, haben die Mondparallaxe zuerst mit einem hohen Grade von Genauigkeit kennen gelehrt; durch neuere und noch genauere Beobachtungen ist ihr mittlerer Werth zu 57′ 27″ bestimmt worden. Dies entspricht einem Abstande des Mondes, der etwa sechzigmal den Halbmesser der Erde übertrifft. Nehmen wir nun einmal an, die gefundene Mondparallaxe sei um eine Sekunde fehlerhaft. Ein solcher Fehler würde offenbar den 3420. Theil des ganzen Resultats ausmachen, also nur etwa 15 geogr. Meilen entsprechen. Ganz anders gestaltet sich dies in Betreff der Sonnenparallaxe. Ich kann Ihnen im Voraus sagen, daß dieselbe höchstens 8″,9 beträgt; ein Fehler von einer Sekunde würde also hier fast den neunten Theil des Resultats umfassen und damit die Bedeutung von mehr als 2 Millionen Meilen erlangen.

Sie werden sich jetzt nicht mehr wundern, daß die Alten eine so irrthümliche Vorstellung von der Entfernung der Sonne hatten. Wie hätten sie mit ihren mangelhaften Beobachtungsmitteln versuchen sollen, einen Winkel von wenigen Sekunden, wie ihn die Sonnenparallaxe darbietet, zu messen! Sie haben es in der That nicht versucht; aber um so größere Anerkennung verdient

der Scharfsinn eines Aristarch von Samos, der gleichwol ein Mittel aufzufinden wußte, um sich wenigstens eine annähernde Kenntniß von jener Entfernung zu verschaffen. Wenn nämlich der Erdhalbmesser für die damaligen Beobachtungsmittel zu klein war, als daß der Winkel, unter dem er sich einem Beobachter auf der Sonne hätte darbieten müssen, gemessen werden konnte, so werden Sie leicht begreifen, daß der Abstand des Mondes von der Erde, unter einem 60mal größeren Winkel erscheinend, bei weitem eher eine Messung ermöglichen mußte. Die Sekunden der eigentlichen Sonnenparallaxe verwandelten sich ja für diese vergrößerte Grundlinie in Minuten. Aber Aristarch wußte auch eine Gelegenheit zu finden, um diesen Winkel zu messen. Er erkannte mit Recht, daß in dem Augenblicke, wo der Mond genau in sein erstes Viertel eintritt, d. h. wo die Sonne genau die Hälfte der uns zugewandten Mondscheibe erleuchtet, Sonne, Mond und Erde unter einander ein rechtwinkliges Dreieck bilden, dessen rechter Winkel im Monde seinen Scheitelpunkt hat. Es galt also nur, den Winkel zu messen, welchen Sonne und Mond in diesem Augenblicke für den Beobachter auf der Erde bildeten, um daraus den Winkel an der Sonne selbst abzuleiten, unter welchem der Abstand des Mondes von der Erde erscheinen mußte. Daß Aristarch für diesen Winkel die Größe von 3° fand, und daß sich ihm daraus eine Sonnenparallaxe von 3′, also ein Sonnenabstand von nur 20 Mondbahnhalbmessern oder 1146 Erdhalbmessern ergab, lag lediglich an der Unvollkommenheit seiner Beobachtungsmittel. Wie weit er aber damit von der Wahrheit entfernt blieb, können Sie daraus entnehmen, daß jene Schätzung des Sonnenabstandes nur zehnmal den wirklichen Halbmesser des Sonnenkörpers selbst übertraf, wie er uns jetzt bekannt ist.

Die außerordentliche Kleinheit der Sonnenparallaxe gestattete auch später, ja bis auf den heutigen Tag nicht die unmittelbare Messung dieses Winkels. Auch die Astronomen des 18. Jahrhunderts mußten Umwege einschlagen, um zu seiner Kenntniß zu gelangen. Die Verhältnisse unseres Planetensystems waren inzwischen durch die Kepler'schen Gesetze mit einer Genauigkeit festgestellt worden, die nichts zu wünschen übrig ließ, ohne daß man auch nur das Geringste von seinen wirklichen Dimensionen erkundet hatte. Es bedurfte nur der Kenntniß des Abstandes eines einzigen Planeten von der Sonne, um das Maß für alle übrigen räumlichen Beziehungen des Systems zu gewinnen, gleichwie für den Geometer die Kenntniß einer einzigen Seite eines Dreieckes, dessen Winkel er bestimmt hat, zur Kenntniß aller anderen genügt. Richer, Römer, Cassini, Flamsteed, Bradley und andere Astronomen bemühten sich daher die Parallaxe des Mars zu finden. Sie benutzten dazu den Augenblick, wo der Mars in Opposition mit der Erde stand, indem sie dabei von der ganz richtigen Ueberlegung ausgingen, daß, wenn die Entfernung des Planeten von der Erde nicht gerade außerordentlich groß sei, seine Bewegung mit der eines benachbarten Fixsternes nicht vollkommen übereinstimmen könne, daß sich also einige Stunden vor und nach seinem Meridiandurchgange andere Werthe für den Unterschied zwischen der Rektascension des Planeten und des Fixsternes ergeben müssen, als für den Augenblick des Meridiandurchganges selbst. Aus der Größe dieser Veränderung schloß man durch Rechnung auf die Parallaxe des Planeten.

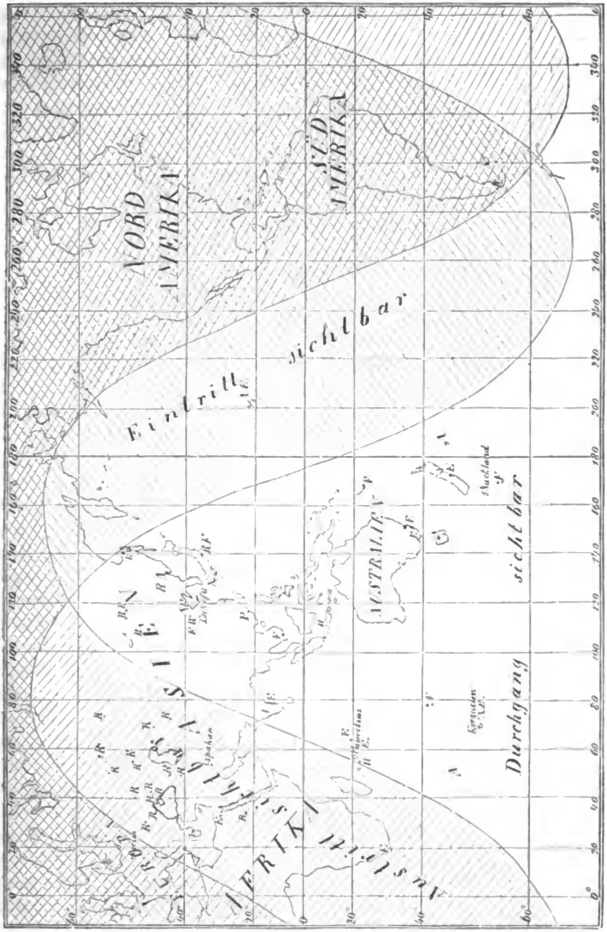
So erfuhr man den Abstand des Planeten von der Erde, und nach dem bekannten Kepler'schen Gesetz, daß sich die Kubikzahlen der Entfernungen zweier Planeten von der Sonne verhalten wie die Quadratzahlen ihrer Umlaufszeiten, war es leicht, auch die Entfernung der Erde von der Sonne zu berechnen. Daß auf diese Weise allerdings eine wesentliche Berichtigung in der Kenntniß des Sonnenabstandes und damit aller Raumgrößen des Planetensystems herbeigeführt wurde, habe ich bereits erwähnt. Aber die so erhaltenen Angaben für die Sonnenparallaxe schwankten doch noch immer zwischen 9 und 12 Sekunden, und die Unsicherheit, welche den Sonnenabstand selbst behaftete, erstreckte sich noch auf Millionen von Meilen. Auch die ähnlichen Beobachtungen, welche Lacaille im Jahre 1751 für die Venus in ihrer unteren Konjunktion anstellte, führten zu keiner größeren Annäherung.



Ermittelung des Abstandes der Sonne von der Erde mit Hülfe der Venusdurchgänge.

Da trat jenes Ereigniß ein, welches, so unscheinbar für den Laien, doch von entscheidender Bedeutung für die Kenntniß unseres Planetensystems werden sollte, der Durchgang der Venus vor der Sonnenscheibe. Es trat zuerst ein im Jahre 1761 und wiederholte sich im Jahre 1768. Schon seit fast einem Jahrhundert waren die Erwartungen aller Astronomen auf dieses Ereigniß gerichtet; denn der große Halley war es, der bereits im Jahre 1677 den kühnen Gedanken aussprach, daß in dieser Erscheinung das sicherste Mittel zur Bestimmung der Sonnenparallaxe gegeben sei. Halley's Gedanke verdient in der That die höchste Bewunderung, denn er ersetzte die direkte Messung der Sonnenparallaxe durch die Beobachtung einer Erscheinung, die einerseits durchaus abhängig von jener, andererseits durch die Größe ihrer Ausdehnung eine weit leichtere Messung gestattet. Statt einen Winkel von wenigen Sekunden forderte er, eine Zeitdauer zu messen, die selbst eine Viertelstunde übersteigt. Man kann diese von Halley empfohlene Methode geradezu mit dem mikroskopischen Verfahren vergleichen, das man zur Messung sehr kleiner Linien anwendet. Man vergrößert nämlich die Linie mit Hülfe eines Mikroskops, vergleicht die vergrößerte Linie mit einem sehr fein getheilten Maßstab und theilt endlich das so erhaltene Resultat durch die Zahl der angewandten Vergrößerung. Um Sie von dem Treffenden und Naheliegenden dieses Vergleiches zu überzeugen, will ich versuchen, Ihnen den Grundgedanken klar zu machen, auf welchem das Halley'sche Verfahren, mit Hülfe der Venusdurchgänge die Sonnenparallaxe zu bestimmen, beruht.

Ich habe Ihnen schon gesagt, daß das Verhältniß zwischen den Abständen der Venus und der Erde von der Sonne auch ohne die Kenntniß der Abstände



Weltkarte zur Uebersicht des Venusdurchganges vom 8. bis 9. Dezember 1874.

selbst aus allgemeinen kosmischen Gesetzen längst bekannt ist. In dem Augenblicke nun, wo die Venus vor der Sonne vorübergeht und alle drei Weltkörper

in einer geraden Linie stehen, muß die Venus eine Stellung einnehmen, welche die gerade Linie von der Erde zur Sonne nach dem bekannten Verhältniß theilt. Wir wollen dies Verhältniß für den Augenblick des Ereignisses zu 0,73 annehmen, und bedeutend wird es nie von dieser Zahl abweichen können. Dann wird also, wenn wir mit V den Ort der Venus bezeichnen, $SV = 0{,}73$, $EV = 0{,}27$ sein. Wir wollen weiter möglichster Einfachheit wegen annehmen, zwei Beobachter befänden sich an den äußersten Endpunkten eines senkrecht auf der Bahnebene stehenden Durchmessers der Erde AB. Diese beiden Beobachter werden nun offenbar die Venus nicht an demselben Punkte der Sonnenscheibe sich darstellen sehen; der eine wird sie in a, der andere in b erblicken. Die Linie ab, d. h. der Abstand der scheinbaren Oerter der Venus, steht nun zu der Linie AB in demselben Verhältniß wie der Abstand der Venus von der Sonne VS zu dem Abstand der Venus von der Erde VE, also in dem Verhältniß von 73 . . 27 oder 2,7 . . 1. Der Winkel also, unter welchem die Linie ab von der Erde aus gesehen wird, ist der 2,7 mal vergrößerte Winkel, unter welchem AB von der Sonne aus gesehen wird, d. h. die 2,7 mal vergrößerte doppelte Parallaxe der Sonne. Sie sehen, daß die von mir angedeutete mikroskopische Vergrößerung der Sonnenparallaxe damit in der That erreicht ist, und daß es nur noch darauf ankommt, den Winkel, unter welchem ab von der Erde aus erscheint, zu messen.

Beide Beobachter werden die Venus eine Sehne der Sonnenscheibe durchlaufen sehen, aber jeder eine andere, der Beobachter in A die Sehne ef, der Beobachter in B die Sehne cd. Kann man also die Lage dieser beiden Sehnen in der Sonnenscheibe genau bestimmen, so kann man daraus auch auf ihren Abstand von einander, also auf die Größe der Linie ab schließen. Nun ist aber die Geschwindigkeit der Venusbewegung in Beziehung auf die Sonne bekannt und also auch für den Augenblick der Beobachtung aus astronomischen Tafeln zu ersehen; man kann ferner an jedem Beobachtungsorte die Zeitdauer messen, welche die Venus braucht, um die Sonnenscheibe zu durchlaufen; man kann also auch unmittelbar daraus die Größe der Sehne ableiten, welche sie für jeden der Beobachter auf der Sonnenscheibe durchlaufen hat. Vergleicht man nun die so erhaltenen Werthe der beiden Sehnen mit dem scheinbaren Durchmesser der Sonnenscheibe im Augenblicke der Beobachtung, so wird man durch ein einfaches geometrisches Verfahren die Lage jeder Sehne in Bezug auf den Mittelpunkt der Sonnenscheibe, also auch ihren Abstand von einander bestimmen können.

Sie werden daraus begreifen, daß nicht jeder Venusdurchgang gleich sichere Resultate für die Messung der Sonnenparallaxe geben kann. Bedenken Sie, daß die ganze Parallaxe nur 8″,9 beträgt, daß der scheinbare Erddurchmesser, von der Sonne gesehen, nur unter einem Winkel von 17″,8 erscheint, daß also der Abstand der erwähnten Sehnen auf der Sonnenscheibe auch kaum $^3/_4$ Minuten, d. h. etwa den 40. Theil des scheinbaren Sonnendurchmessers erreicht. Der Grad der Genauigkeit der Messung wird also sehr durch die Lage der beiden Sehnen bestimmt. Liegen sie dem Mittelpunkte der Sonnenscheibe sehr nahe, so wird ihr Längenunterschied nur sehr gering sein. Der kleinste der immerhin unvermeidlichen Beobachtungsfehler, welcher die Länge einer solchen Sehne nur um ein Geringes verändert, wird dann auch eine bedeutende Aenderung für den Abstand

beider Sehnen zur Folge haben. Ereignet sich aber der Venusdurchgang in einer ansehnlichen Entfernung vom Mittelpunkte der Sonnenscheibe, so wird ein kleiner Irrthum in der Länge einer jener Sehnen ohne wesentlichen Einfluß auf ihren Abstand bleiben und das Endresultat also, bei den gleichen Beobachtungsfehlern wie vorher, eine bedeutend größere Genauigkeit erhalten. Ich brauche Ihnen nicht erst zu sagen, daß die Ereignisse der Jahre 1761 und namentlich 1769 zu den günstigsten dieser Art gehörten, da der Unterschied zwischen der in Lappland beobachteten Dauer des Venusdurchganges und der auf Otahaiti beobachteten im letzten Jahre 23 Minuten 23 Sekunden betrug.

Schon bei dieser oberflächlichen Kenntniß des Halley'schen Vorschlages werden Sie es begreiflich finden, daß alle Astronomen des vorigen Jahrhunderts darnach trachten, durch den Erfolg seine Anwendbarkeit zu prüfen. Schon das erste Ereigniß dieser Art, das auf dem Kap der guten Hoffnung, in Lappland und zu Tobolsk in Sibirien beobachtet wurde, bewährte aufs Glänzendste die gehegten Erwartungen. Als daher die Wiederkehr desselben im Jahre 1769 bevorstand, vereinigten sich alle Nationen Europa's, um zu seiner Beobachtung Astronomen an die entlegensten Theile der Erde auszusenden. Das war aber nöthig, wenn man eine Ausgleichung der unvermeidlichen Beobachtungsfehler hoffen wollte. Frankreich sandte den Abbé Chappe nach Californien, in Englands Auftrage gingen Cook und Green nach Otahaiti, Dymond und Wales an die Küsten der Hudsonsbai, Call nach Madras in Indien. Rußland schickte zahlreiche Astronomen nach verschiedenen Punkten Lapplands; der Wiener Astronom Pater Hell ging im Auftrage Dänemarks nach Wardöhuus, der schwedische Astronom Planmann nach Cajaneborg in Finnland. Das Endresultat aller dieser Beobachtungen war nach Enke's späterer Berechnung eine Sonnenparallaxe von 8",5711 oder ein mittlerer Sonnenabstand von 20,682,329 geogr. Meilen.

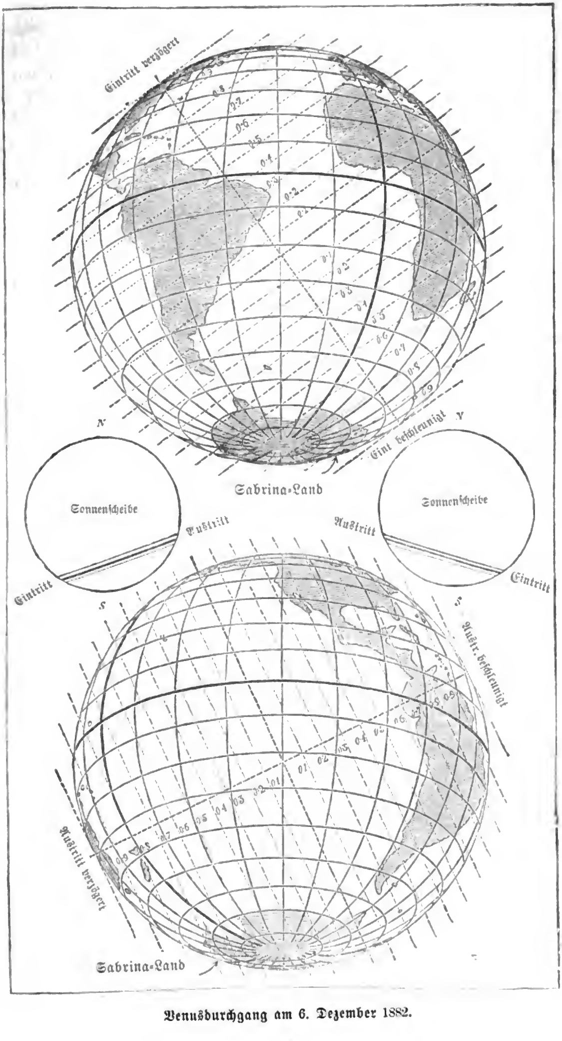
Daß aber auch dieses Resultat nur als ein Näherungswerth betrachtet werden durfte, habe ich Ihnen schon gesagt. Zu einer weiteren Berichtigung desselben waren neue Beobachtungen nöthig. Sie wissen aber, wie selten das Ereigniß ist, das solche Beobachtungen gestattet, Sie wissen, daß es höchstens zweimal in einem Jahrhundert eintritt, und daß die nächsten Venusdurchgänge erst für die Jahre 1874 und 1882 voraus berechnet waren. Das erstgenannte Ereigniß ist durch astronomisch-photographische Expeditionen fast aller Kulturvölker an den der Vorausberechnung zufolge geeignetsten Punkten der Erdoberfläche beobachtet worden und die gewonnenen Resultate werden in Verbindung mit den zu hoffenden Ergebnissen des Vorüberganges im Jahre 1882 auf lange Zeit hinaus, die sichersten Werthe für die Entfernung der Sonne von der Erde liefern.

Was den noch in Aussicht stehenden Vorübergang der Venus am 6. Dezember 1882 anbetrifft, so ergiebt die Rechnung, daß für einen im Mittelpunkte der Erde befindlichen Beobachter der Mittelpunkt der Venus den Sonnenrand zum ersten Male berührt am 6. Dezember 2 Uhr 6 Minuten Nachmittags, mittlerer Pariser Zeit, und daß der Mittelpunkt der Venus den anderen Sonnenrand berührt um 8 Uhr 3 Minuten Nachmittags. Diese Zeiten bezeichnen also den Anfang und das Ende der Erscheinung für einen Beobachter im Mittelpunkte der Erde. Dorthin kann sich allerdings Niemand begeben, aber die in

ihren Resultaten mitgetheilte Rechnung dient dazu, um auf einfache Weise die Zeiten des Anfangs und Endes der Erscheinung für die einzelnen Punkte der Erdoberfläche abzuleiten. Sie können das schon aus der nächsten Figur ersehen. Die Mittelpunkte der beiden Hemisphären bezeichnen die beiden Punkte der Erdoberfläche, für welche die Sonne im Augenblick des Eintrittes und des Austrittes der Venus im Scheitelpunkte steht. Jede der beiden Erscheinungen wird dort zur nämlichen Zeit gesehen wie von einem Beobachter der sich im Erdmittelpunkt befände. Die punktirten Linien bezeichnen die Orte für welche die Erscheinung früher oder später als für den Erdmittelpunkt eintritt. Wird der Unterschied zwischen dem Früher und Später der Erscheinung für die beiden äußersten Linien gleich 2 gesetzt, so geben die den Figuren beigesetzten Zahlen 0.1, 0.2 u. s. w. das Verhältniß des Unterschiedes für die Orte, welche von diesen Linien geschnitten werden. Von dem Mittelpunkte der Hemisphäre aus, für welchen keine Verfrühung oder Verspätung stattfindet, weichen die Augenblicke des Eintrittes der Venus in die Sonnenscheibe mehr und mehr ab, für den äußersten Punkt bis zu 13 Minuten. Das Gleiche gilt für den Moment des Austrittes der Venus, für welchen die zweite Hemisphäre in der Zeichnung gleicher Weise die Verfrühung oder Verspätung gegen den für den Erdmittelpunkt geltenden Moment nachweist.

Wie ich bereits bemerkte, sind die Venusdurchgänge ziemlich seltene astronomische Ereignisse. Die Ursache dieser Seltenheit liegt, wie Sie schon von den durch den Mond bewirkten Finsternissen her wissen, in der Neigung der Bahnebene der Venus gegen die Bahnebene der Erde. Bewegte sich die Venus in der Ebene der Ekliptik, so müßte sie in jeder unteren Konjunktion vor der Sonne erscheinen. Aber die Bahn der Venus ist um 3° 24′ gegen die Ebene der Ekliptik geneigt, und so wird die Venus meistentheils zur Zeit ihrer Konjunktion ober- oder unterhalb der Sonne stehen. Nur wenn sie sich in der Nähe eines der Knoten ihrer Bahn, also in der Nähe der Ekliptik befindet, kann sie vor der Sonnenscheibe sichtbar werden. Vergleichen wir nun die Umläufe der Venus und der Erde, so ergiebt sich, daß 8 Umläufe der Erde nahezu 13 Umläufen der Venus und also wieder 235 Umläufe der Erde 382 Umläufen der Venus gleich sind. Ist also einmal die Venus in der Nähe eines ihrer Knoten vor der Sonnenscheibe erschienen, so kann dieser Durchgang nach 8 Jahren wiederkehren, dann aber erst nach Verlauf von 235 Jahren sich wieder ereignen. Dasselbe gilt natürlich auch für den zweiten Knoten der Venusbahn, und Sie sehen daraus, daß ein Venusdurchgang sich nur viermal im Verlaufe von 243 Jahren, also höchstens zweimal in einem Jahrhundert ereignen kann.

Sie werden sich nun um so mehr wundern, daß man nicht die ungleich häufigeren Merkurdurchgänge zur Bestimmung der Sonnenparallaxe benutzt hat. Aber ich muß Sie an einen früher gebrauchten Vergleich erinnern. Der Merkur würde nicht Das leisten, was ich als eine Art von mikroskopischer Vergrößerung der Sonnenparallaxe bezeichnete. Der Merkur steht nahezu in der Mitte zwischen Sonne und Erde, jener etwas näher, und der Abstand der Sehnen, welche der Merkur für zwei um den ganzen Erddurchmesser getrennte Beobachter an der Sonnenscheibe zu durchlaufen scheint, muß darum noch kleiner sein als die Sonnenparallaxe selbst.



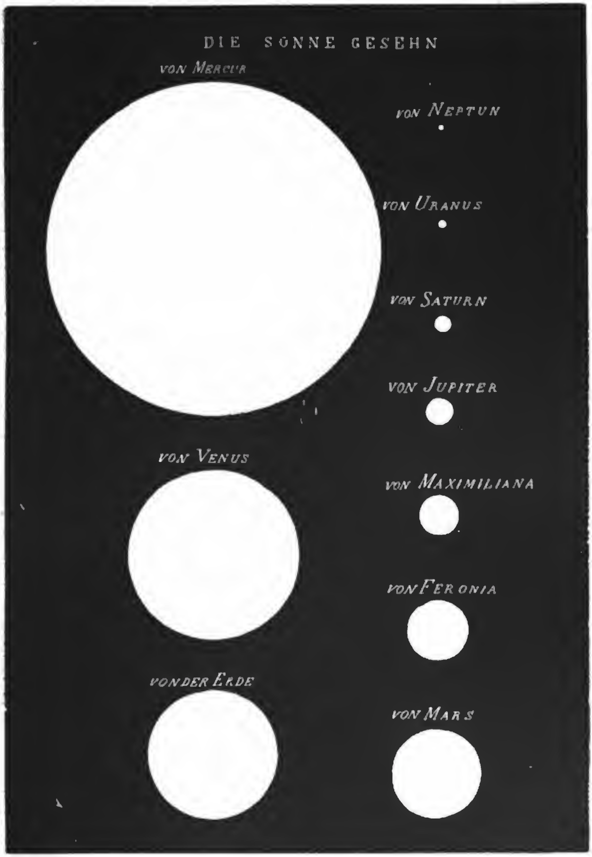
Venusdurchgang am 6. Dezember 1882.

Wir müssen daher geduldig das Jahr 1882 abwarten, um durch weitere Beobachtungen vielleicht neue Aufschlüsse über die Größen- und Raumverhältnisse unseres Planetensystems zu erhalten. Denn daß auch die Größen der Weltkörper durch ihre Parallaxen uns erschlossen werden, versteht sich von selbst. Wir kennen ja durch die Parallaxe den scheinbaren Durchmesser der Erdscheibe, wie sie von der Sonne aus erblickt werden würde; er beträgt 17″, 8. Wir kennen aber auch durch genaue Mikrometermessungen den mittleren Durchmesser, den die Sonnenscheibe unserem Anblick bietet; er mißt 32′. Wir ersehen daraus, daß der wirkliche Durchmesser des Sonnenkörpers den unserer Erde in runder Zahl 110mal übertrifft, also 190,000 geographische Meilen mißt; und daraus folgt, daß an Rauminhalt der Sonnenkörper in rundem Betrage etwa 1,300,000mal unseren Erdball umfaßt.

So haben wir, getragen von dem wissenschaftlichen Gedanken, den ungeheueren Raum zur Sonne zurückgelegt. Vor uns schwebt der Riesenball, vor dem unsere Erde zu einem Punkte schwindet, gegen den selbst die Riesenplaneten, denen wir auf späteren Wegen begegnen werden, wie Spielbälle erscheinen. In 400mal weiterer Ferne als der Mond schwebt er, und wenn auch seine ungeheuere Größe trotz dieser Ferne seine Scheibe uns kaum größer als die Mondscheibe erscheinen läßt, so können Sie doch ermessen, wie wenig selbst der Scharfblick des Astronomen in solcher Ferne auszurichten vermag. Eine 400malige Vergrößerung würde selbst bei der vollkommensten Schärfe der Bilder ihn eine Sonnenlandschaft doch nur so erblicken lassen, wie das bloße Auge den Mond erschaut. Und wenn Sie nun erfahren, daß die Astronomen sogar selten im Stande sind, stärkere Vergrößerungen als 150—200malige zur Beobachtung der Sonne anzuwenden, so werden Sie sich vollends nicht viel von den Aufschlüssen der Wissenschaft über die Natur der Sonnenoberfläche versprechen.

Aber stürzen Sie sich nicht ohne Weiteres in das blendende Lichtmeer dieser unbekannten Welt. Denken Sie an das Schicksal jener reizenden Semele der griechischen Sage, die von dem Götterglanz ihres Geliebten vernichtet ward. Auch das irdische Auge bedarf eines Schutzes, wenn es straflos sich jenem Glanze nahen soll. Vergessen Sie nicht, daß das Sonnenlicht 619,000mal das Licht des Vollmondes überstrahlt. Lassen Sie sich also zu Vorsichtsmaßregeln rathen, bevor Sie Ihr irdisches Auge in die Geheimnisse des Sonnenkörpers tauchen.

Schon ehe die Erfindung der Fernröhre den Weg des Lichtes vom Auge zur Sonne abkürzen gelehrt hatte, waren die Astronomen auf Mittel bedacht gewesen, die Sonne zu betrachten, ohne vollständig geblendet zu werden. Einige ließen das Sonnenbild von einer Wasserfläche oder von irgend einem anderen in geringem Grade reflektirenden Spiegel zurückstrahlen; andere wandten eine Art von Camera obscura an, durch deren kleine Oeffnung sie das Sonnenbild auf einem weißen Papier auffingen. Im 16. Jahrhundert begann man auch die Sonne durch eine Verbindung von verschieden gefärbten Gläsern zu betrachten, aber erst zu Anfang des 17. Jahrhunderts kamen diese gefärbten Gläser auch in Verbindung mit Fernöhren in Gebrauch. Es ist wahrhaft zu verwundern, daß ein Astronom wie Galilei sich dieses einfachen Verfahrens nicht bediente und so in ein unheilbares Augenleiden fiel.

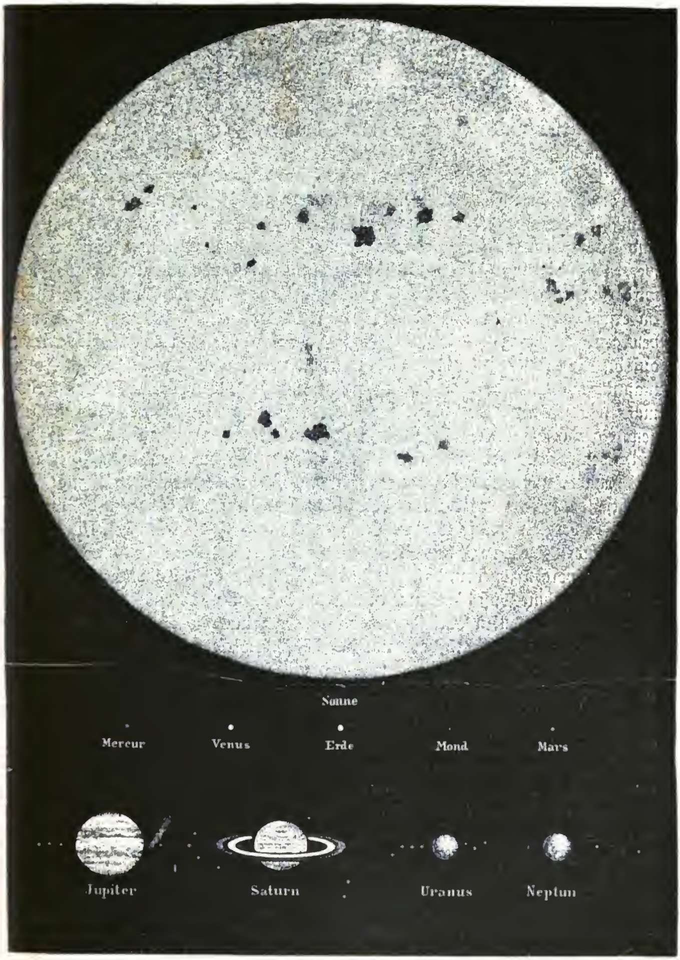


Scheinbare Größe der Sonnenscheibe von den verschiedenen Planeten aus gesehen.

Vermuthlich hätte ihn das Verfahren vor der völligen Blindheit bewahrt, die ihn in seinen letzten Lebensjahren ereilte. Heutzutage bedienen sich die Astronomen bei Betrachtung der Sonne fast allgemein eines sogenannten Blendglases, d. h. eines mit rother, gelber, grüner oder violetter Farbe gesättigten und darum nur wenig durchsichtigen Planglases, das vor dem Okular des Fernrohres festgeschraubt wird. Die Sonnenscheibe erscheint bei solcher Vorrichtung hell, aber strahlenlos und gefärbt, ohne das Auge irgend zu verletzen.

Daß die Wahl der Färbung, welche man diesen Blendgläsern giebt, von großer Wichtigkeit ist, versteht sich von selbst. Wendet man rothe Gläser an, so lassen diese, selbst wenn sie das Sonnenlicht in hinreichendem Grade schwächen, um es ohne Beschwerde ertragen zu können, doch eine große Menge Wärmestrahlen hindurch, die gleichfalls dem Auge des Beobachters gefährlich werden können. Wendet man grüne Gläser an, so halten diese zwar die Wärme zum größten Theile ab, aber sie müssen eine übermäßige Dicke besitzen, um nicht das Licht in einer gefahrdrohenden Intensität durchzulassen. Auch die Stellung, welche man dem Blendglase anweist, ist nicht gleichgiltig. Wenn es, wie gewöhnlich, vor dem Okular des Fernrohres angebracht ist, so leidet zwar die Reinheit des im Brennpunkt erzeugten Bildes nicht im Geringsten, aber die Lichtstrahlen, welche aus dem Okular austreten und durch das gefärbte Glas gehen, sind in solchem Grade konzentrirt, daß ihre intensive Wärmewirkung oft eine plötzliche Ausdehnung, selbst ein Springen der Gläser verursacht, mindestens ihre Politur verdirbt. Man könnte nun zwar das Blendglas zwischen Okular und Objektiv anbringen, wo die Konzentrirung der Lichtstrahlen noch nicht eingetreten ist; aber dann würden wieder die Fehler und Streifen der gefärbten Gläser, durch das Okular vergrößert, die Schärfe der Bilder beeinträchtigen. Sie sehen also, Schwierigkeiten, ja selbst Gefahren, bleiben immer mit den Sonnenbeobachtungen verknüpft. Man stelle sie an, wie man wolle, auf die Länge hin werden sie das Auge doch angreifen. Bekommen nun gar die Blendgläser während des Beobachtens Sprünge, so gelangt augenblicklich ein unerträglich heller Sonnenblitz in das Auge, das man schnell abwenden muß. Hat man vielleicht, während ein Wolkenflor die Sonne verhüllte, das Blendglas für einen Augenblick zu entfernen gewagt, und die Sonne wird nun plötzlich frei, so trifft wieder das Auge die gefährliche Blendung. Leider übertreibe ich die Gefahren nicht. Schon zahlreiche Astronomen, die sich mit der Untersuchung der physischen Beschaffenheit der Sonne beschäftigten, sind blind geworden, weil sie entweder die nöthige Vorsicht außer Acht gelassen oder von ihren Vorkehrsmitteln im Stich gelassen wurden. In der jüngsten Zeit hat man endlich auch Mittel und Wege gefunden, die Beobachtung der Sonne weniger gefahrvoll und anstrengend zu machen. Es gelang dies durch Anwendung sogenannter helioskopischer Okulare. Porro hat zuerst ein solches vorgeschlagen, welches auf der Reflektion und Polarisation des Lichtes beruht. Merz hat dasselbe verbessert, sodaß man nach Belieben jeden gewünschten Grad der Helligkeit des Sonnenbildes sehr schnell erlangen kann. Dove hat zuerst die Anwendung chemisch versilberter Glasspiegel für die Sonnenbeobachtung empfohlen und Foucault Fernrohrobjektive nach einem von Steinheil erfundenen Verfahren mit dünner Silberschicht überzogen, wodurch sie die Sonne als scharfe, blaue, mattglänzende Scheibe erscheinen lassen.

Sie werden hiernach Ihre Erwartung in Betreff einer wissenschaftlichen Kunde von der Natur der Sonnenoberfläche nicht zu hoch spannen. Sie haben hier nicht, wie auf dem Monde, eine dunkle Fläche vor sich, deren Einzelnheiten durch die Beleuchtung hervorgehoben und zu einer Landschaft gestaltet werden könnten. Sie haben es umgekehrt mit einer lichtspendenden Fläche zu thun, auf der Sie sich gewissermaßen nur von Verdunkelungen Aufschlüsse versprechen können.

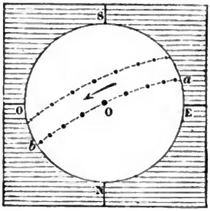


Sonne und Planeten in ihrem wahren Größenverhältnisse zu einander.

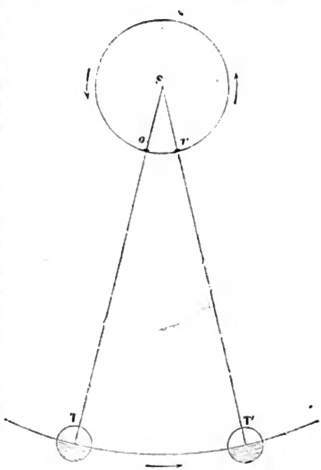
Denn auf der Sonne ist das Licht für unser Auge eine verdeckende Hülle, durch deren Lücken die Geheimnisse hervorlugen. Nähern Sie sich nun diesem Lichtball, so weit Sie es überhaupt wagen dürfen, so erblicken Sie eine Fläche von keineswegs ganz gleichförmigem Glanze. Die ganze Sonnenoberfläche erscheint mit zahllosen kleinen Unebenheiten besetzt, gleichsam marmorirt oder geädert, wie die Schale einer Orange. Mitten in diesem glänzenden Lichtgeäder aber werden Ihnen einige dunkle, braungraue oder schwarze Flecken von unregelmäßiger Gestalt und größerer oder geringerer Ausdehnung auffallen. Wenn Sie mehrere Tage hintereinander Ihre Beobachtungen wiederholen, so werden Sie diese Flecken, die Ihnen zuerst am östlichen Rande erschienen, allmählich nach dem Mittelpunkte der Scheibe vorrücken, an diesem vorüberziehen und endlich am westlichen Rande verschwinden sehen. Ja nach einiger Zeit werden sich dieselben Flecken vielleicht am östlichen Rande abermals zeigen, um wiederum ihren Lauf über die Sonnenscheibe zu vollenden. Sie könnten dabei im ersten Augenblicke wol an dunkle Körper denken, die sich um die Sonne bewegen. Dagegen spricht freilich schon, daß solche Flecken oft plötzlich mitten auf der Sonnenscheibe entstehen oder verschwinden, oder ihre Größe und Form mannichfach verändern. Dagegen spricht ferner, daß, wenn solche Flecken mehrmals wiederkehren, die Zeit ihrer Sichtbarkeit der Dauer ihrer Abwesenheit genau gleich ist, was doch nie bei einem einigermaßen entfernt um die Sonne kreisenden Körper der Fall sein könnte. Hätten Sie vollends einmal Gelegenheit gehabt, zur Zeit einer Sonnenfinsterniß oder eines Merkurdurchganges die Nachtseiten solcher vorüberziehender Himmelskörper unmittelbar mit Sonnenflecken zu vergleichen, so würden Sie unmöglich noch diese dann hell lichtbraun erscheinenden Flecken mit wirklichen dunkeln Körpern verwechseln können.

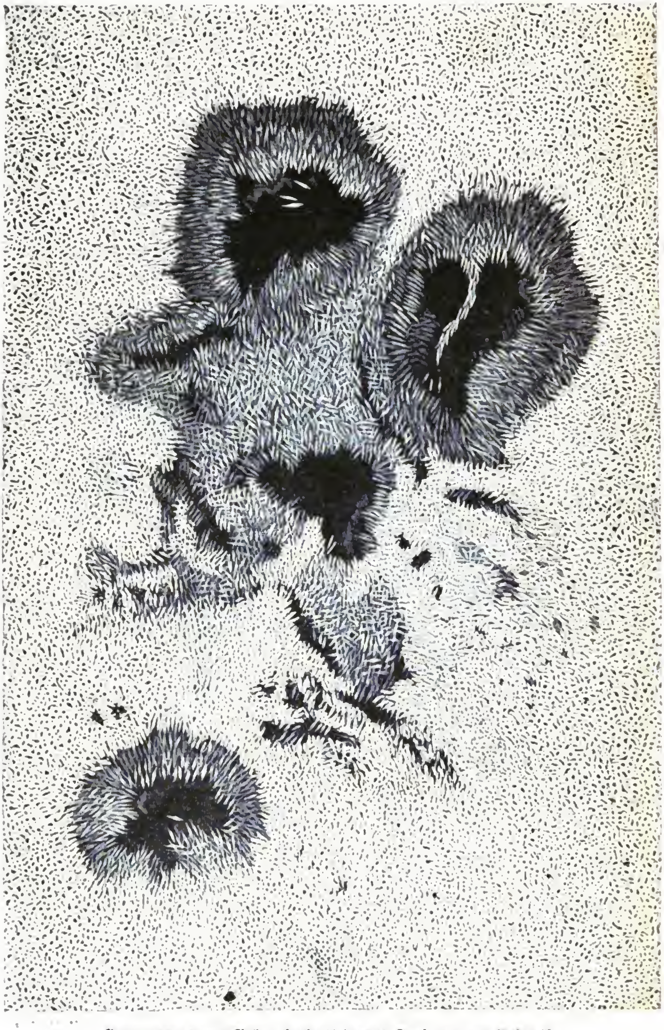
Sie werden zugeben, daß hier in der That gar nichts Anderes übrig bleibt als die Annahme, daß die Sonnenflecken auf der Sonnenoberfläche selbst haften, und daß die erwähnten Veränderungen ihrer Erscheinung nur durch eine rotirende Bewegung des Sonnenkörpers um sich selbst bewirkt werden können. Schon jene gleiche Dauer der Zeiten, während welcher ein Sonnenfleck abwechselnd sichtbar und unsichtbar ist, läßt keine andere Erklärung zu. Aber aus dieser Annahme werden uns neue wichtige Schlußfolgerungen hervorgehen. Eine der ersten ist die Kugelgestalt der Sonne. Lassen Sie diese einmal ohne Weiteres gelten. Jeder Sonnenfleck wird dann, wenn er infolge der Sonnenrotation von der abgewandten Sonnenhälfte auf die uns zugewandte Seite übergeht, Anfangs einen gegen unsere Gesichtslinie sehr schief gerichteten Bogen beschreiben, und da wir diesen Bogen in der Verkürzung sehen, so muß der Sonnenflecken uns fast unbeweglich erscheinen. Wenn dann die Drehung weiter fortschreitet, so muß auch die Geschwindigkeit, mit welcher sich der Sonnenfleck zu bewegen scheint, zunehmen, bis die Mittellinie überschritten ist, und nun wieder ebenso eine Verlangsamung der scheinbaren Bewegung erfolgt. Auch die Gestalt des Sonnenfleckens muß mit der Lage wechseln, die er auf der Sonnenscheibe einnimmt. Nur im Mittelpunkt dieser Scheibe kann er seine wahre Gestalt zeigen; je näher den Sonnenrändern, um so mehr muß er sich der schiefen Richtung wegen, in der er sich uns darstellt, verschmälern.

Aber nicht die Thatsache der Sonnenrotation allein folgt aus dieser Erklärung der Sonnenflecken, auch die Messung ihrer Geschwindigkeit und der Lage des Sonnenäquators, wie der Neigung der Axe gegen die Ebene unserer Erdbahn ist dadurch bedingt. Wenn man nämlich solche Sonnenflecken auf ihrem Laufe über die Sonnenscheibe eine hinreichend lange Zeit hindurch verfolgt, — und es giebt deren, die Monate lang in ihrer Sichtbarkeit verharren, — so findet man, daß sie ziemlich regelmäßig nach Ablauf von 27½ Tagen dieselbe Lage wieder einnehmen, in der sie Anfangs gesehen wurden. Dieser Zeitraum entspricht nun allerdings noch nicht der Dauer einer Sonnenrotation selbst. Sie müssen bedenken, daß sich auch die Erde in dieser Zeit bereits ein beträchtliches Stück auf ihrer Bahn fortbewegt hat, daß wir also den Mittelpunkt der Sonne nicht mehr in derselben Richtung wie früher sehen. Der Punkt, welcher jetzt den Mittelpunkt der Sonnenscheibe bildet, wird vielmehr um denselben Kreisbogen von dem früheren entfernt sein, welchen die Erde in ihrer Bahn durchlaufen hat. Sie sehen dies deutlich aus nebenstehender Figur. Nehmen wir an, es sei a ein Sonnenfleck, den der Beobachter von der Erde T aus auf der Mitte der Sonnenscheibe erblickt. Wenn dieser Fleck eine ganze Umdrehung der Sonne vollendet hat, so wird er natürlich wieder in a sein; da aber mittlerweile die Erde von T nach T′ gerückt ist, so erscheint er von dieser aus gesehen nicht mehr auf der Mitte der Sonnenscheibe, sondern er muß bis dahin noch den Bogen a a′ durchlaufen. Die wahre Umdrehungszeit ist also kleiner als die scheinbare, und zwar nahe um etwa $^1/_{13}$. Die Sonne hat also in 27½ Tagen nicht allein eine ganze Rotation vollendet, sondern diese sogar noch um ihren dreizehnten Theil überschritten, und die Zeit, welche sie für diesen Ueberschuß aufgewandt hat, wird ungefähr zwei Tage messen. Die wirkliche Dauer einer Sonnenrotation ist daher auf etwa 25½ Tage festzusetzen. Natürlich ist auch das nur eine annähernde Zahl, da sie aus zahlreichen Beobachtungen von Sonnenflecken hervorgegangen ist, die keineswegs eine volle Uebereinstimmung zeigen. Ob weitere Beobachtungen in Verbindung mit sonstigen Erscheinungen zu genaueren Ergebnissen führen werden, haben wir abzuwarten.

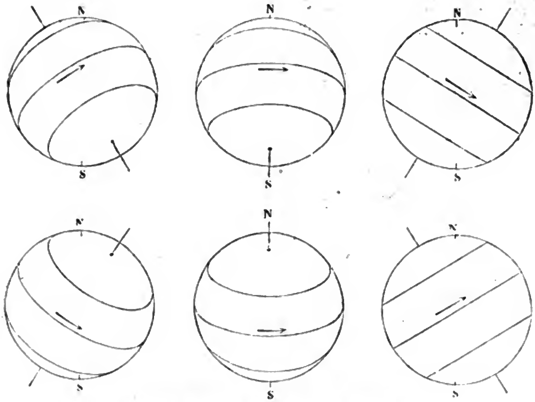


Scheinbare Bewegung der Sonnenflecken.



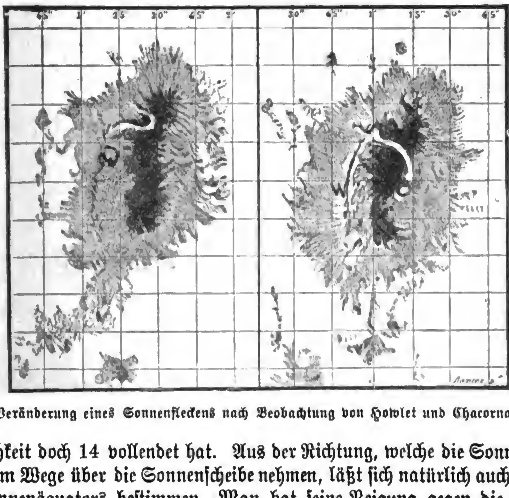


Gruppe von Sonnenflecken, beobachtet am 5. Juni 1864 von Nasmyth.



Bahnen der Sonnenflecken auf der Sonnenscheibe.

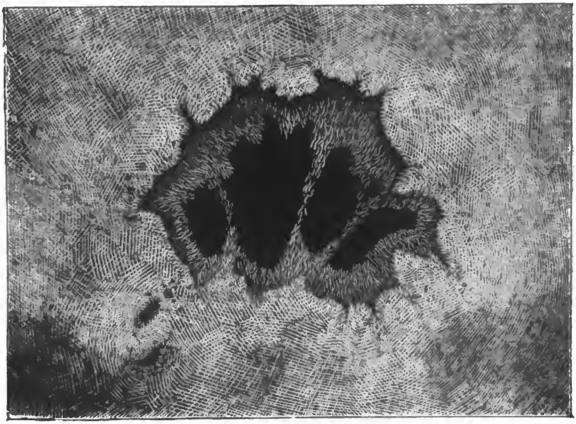
Sie haben hier überdies dieselbe Erscheinung, die dem Weltumsegler entgegentritt, wenn er bei seiner Rückkehr in die Heimat einen Tag in seinem Kalender weniger zählt, als die Sonne am Himmel gemessen hat. Auch hier gewahren wir scheinbar nur 13 Rotationen der Sonne in einem Jahre, während sie in



Veränderung eines Sonnenfleckens nach Beobachtung von Howlet und Chacornac.

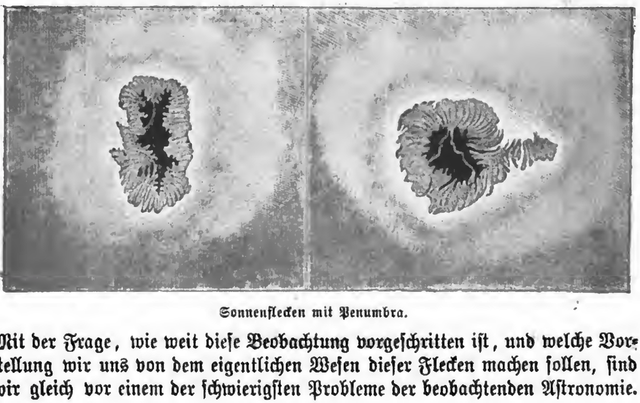
Wirklichkeit doch 14 vollendet hat. Aus der Richtung, welche die Sonnenflecken auf ihrem Wege über die Sonnenscheibe nehmen, läßt sich natürlich auch die Lage des Sonnenäquators bestimmen. Man hat seine Neigung gegen die Erdbahn

ungefähr zu $7\frac{1}{4}$ Grad gefunden. In der vorstehenden Figur sind die Wege durch Linien angedeutet, welche die Sonnenflecke in den verschiedenen Zeiten des Jahres für unseren Anblick auf der Sonnenscheibe beschreiben. Sie ersehen unmittelbar aus den Zeichnungen, wie man aus diesen Bewegungen auf die Lage des Sonnenäquators und der Sonnenpole schließen kann.



Sonnenflecken nach einer Beobachtung von Nasmyth.

Es bleibt uns jetzt noch eine höchst wichtige Aufgabe zu erfüllen. Wenn die Sonnenflecken wirklich der Sonnenoberfläche selbst angehören, so muß ihre Beobachtung auch zu Aufschlüssen über die Naturbeschaffenheit der Sonne führen.



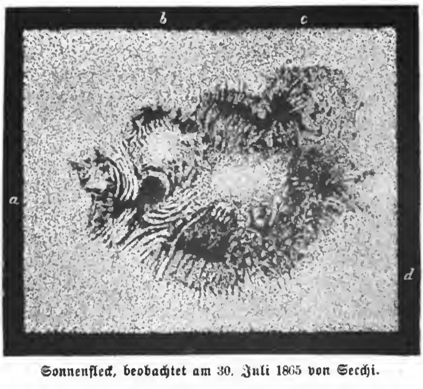
Sonnenflecken mit Penumbra.

Mit der Frage, wie weit diese Beobachtung vorgeschritten ist, und welche Vorstellung wir uns von dem eigentlichen Wesen dieser Flecken machen sollen, sind wir gleich vor einem der schwierigsten Probleme der beobachtenden Astronomie.

Im Allgemeinen kann man die Sonnenflecken charakterisiren als unregelmäßige, scheinbar dunkle, aber keineswegs schwarze Massen, die sehr häufig in Gruppen auftreten und in vielen Fällen von helleren Säumen umgeben sind, welche Penumbren oder Höfe genannt werden. Die Kernflecken sind von tiefschwarzer Farbe und doch nicht so dunkel wie ein Körper, der vor der Sonne vorübergehend uns seine Nachtseite zukehrt.


Fleck mit Fackel am Sonnenrande, beobachtet am 14. März 1866 v. Secchi.

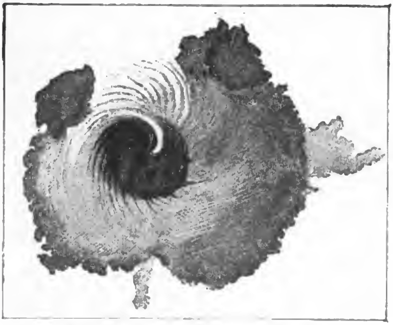
Die Höfe zeigen bei schwacher Vergrößerung ein gleichförmiges Licht, und gegen den Kern hin scheinen sie meist etwas heller zu leuchten. Nur in seltenen Fällen erscheint ein Kern ohne Hof, oder ein Hof ohne dunkeln Kern. Wenn Sie einige Tage hintereinander einen solchen Sonnenfleck beobachten wollten, so würden Sie bald finden, daß er Veränderungen in seinen Umrissen zeigt, die nicht aus der bloßen Sonnenrotation und dadurch veränderten Beziehungen zu unserer Gesichtslinie zu erklären sind. Sie würden ihn meist zugleich sich verkleinern und wol gar verschwinden sehen, ehe er noch den Rand der Sonnenscheibe erreicht hat, während zu gleicher Zeit andere auftauchen an Stellen der Sonnenfläche, die vorher völlig rein von jedem Fleck erschienen.



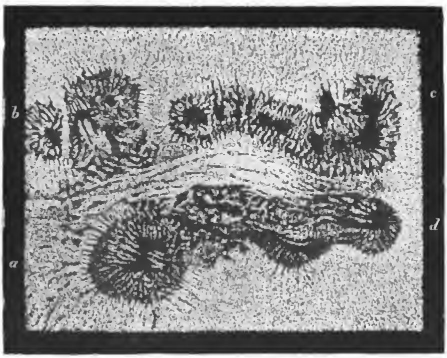
Sonnenfleck, beobachtet am 30. Juli 1865 von Secchi.

Alle diese Veränderungen gehen zum Theil mit großer Langsamkeit, bisweilen aber auch mit einer überraschenden Schnelligkeit vor sich und erstrecken sich oft über Räume von ungeheuern Dimensionen, die mehrmals die ganze Oberfläche unserer Erde übertreffen. In der Abbildung S. 213 sehen Sie im Einzelnen die Veränderungen, welche ein von Howlet und Chacorne untersuchter Sonnenfleck in dem Zeitraume von drei Tagen erlitt. — Dazu kommen noch jene auffallend hellglänzenden Sonnenfackeln, die meist in der Nähe der Sonnen-

flecken erscheinen und gleich aufgethürmten Lichtmassen aus der hellen Sonnenscheibe hervorblitzen. — Die Entstehung neuer Sonnenflecken ist in Bezug auf die dazu nöthige Dauer sehr ungleich. Bisweilen geht ihr das Auftreten von Fackeln voraus; überhaupt scheint in dem Lichtmeere oder der Photosphäre der Sonne eine gewisse Erregung stattzufinden. Secchi war Ende Juli 1865 Zeuge der Entstehung eines Sonnenfleckes, dessen mittlerer Durchmesser $4^1/_2$mal dem Erddurchmesser gleichkam. Schon die Zeichnung, welche dieser Astronom von dem Flecke giebt und die ich Ihnen hier vorführe, zeigt Ihnen die gewaltige Aufregung, welche damals in der Sonnenphotosphäre herrschte. „In der Mitte des Fleckes", sagt Secchi, „sahen wir eine Anhäufung leuchtender Materie, welche sich in wirbelnder Bewegung zu befinden schien und von zahlreichen Rissen umgeben war. Inmitten dieses Chaos ließen sich vier Hauptcentra der Bewegung unterscheiden. Links bei a zeigte sich eine weite klaffende Oeffnung, um welche feurige Zungen in verschiedenen Richtungen herum wirbelten; mitten in dieser unterschied man deutlich halbhelle Schleier, welche um eine noch schwärzere Höhlung herum gelagert waren. In dem oberen Theile bei b fand sich ein zweites Centrum, kleiner als das erste, welches an seinem oberen Rande scharf begrenzt war, in dem unteren Theile aber, ähnlich wie der vorige, sehr viele kleine Feuerzungen zeigte. Rechts in c klaffte ungefähr in der Form eines S eine breite Spalte, die mit feurigen Zungen und mit losgerissenen Streifen leuchtender Materie durchzogen vor. Endlich war unten in der Höhe von d eine andere langgezogene und gekrümmte Spalte vorhanden, welche dem Auge ein Wirrwarr darbot, das jeder Beschreibung spottete. Zwischen diesen

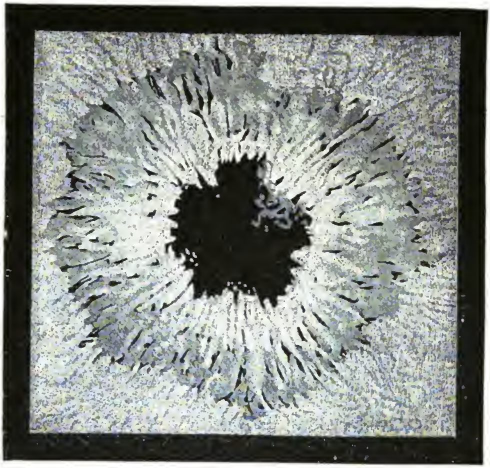


Sonnenfleck von spiralförmiger Struktur.

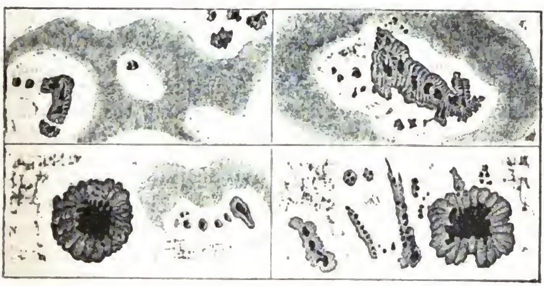


Derselbe Sonnenfleck, beobachtet am 31. Juli 1865 von Secchi.

vier Höhlen fand sich eine Anhäufung von Fackeln und leuchtender Materie, welche den Anblick einer im Kochen begriffenen Masse darbot. Alles befand sich in diesem Fleck in einer äußerst stürmischen und schnellen Bewegung. Die Zeichnung wurde so schnell als möglich angefertigt, aber sie war noch nicht fertig, als der erstere Theil schon eine ganz andere Gestalt angenommen hatte." Wie schnell diese Aenderungen von Statten gingen, davon mag Ihnen die folgende Figur eine Vorstellung geben, welche denselben Fleck nach Verlauf eines Tages darstellt. Sie dürfen dabei nicht vergessen, daß die größte Länge des Fleckes fast fünfmal den Durchmesser der Erde übertrifft! — In manchen Fällen zeigt sich die Penumbra übersäet mit kleinen dunkeln Punkten oder



Sonnenfleck, beobachtet am 16. Juli 1866.



Veränderungen von den Sonnenfleckengruppen. Nach Pastorff.

Flecken, die mehr oder weniger eine gegen den Mittelpunkt gerichtete Lage besitzen, gleichsam als wenn von allen Seiten heftige Strömungen dorthin stattfänden. Ein solcher Fleck ist am 16. Juli 1866 von Secchi gezeichnet worden.

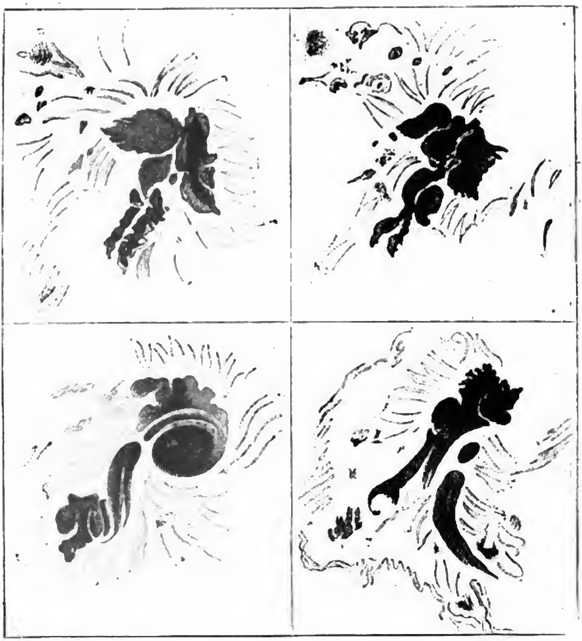
Die Veränderlichkeit der Sonnenflecke ist außerordentlich groß; wenn man gute Ferngläser und hinreichende Vergrößerungen anwenden kann, so sieht man, daß bei den großen Flecken unaufhörliche Veränderungen, Auflösungen und Neubildungen stattfinden. Dadurch ändert sich selbst für schwache Vergrößerungen das Ansehen ganzer Fleckengruppen, wenn sie nach Ablauf einer Rotation wiederkehren.

Von früheren Beobachtern, welche auf diese Veränderungen aufmerksam waren und sie durch Zeichnungen zu fixiren suchten, ist besonders Johann Wilhelm Pastorff, ein Gutsbesitzer zu Buchholz bei Frankfurt a. O., zu nennen. Sie sehen hier eine seiner Zeichnungen in getreuer Nachbildung.

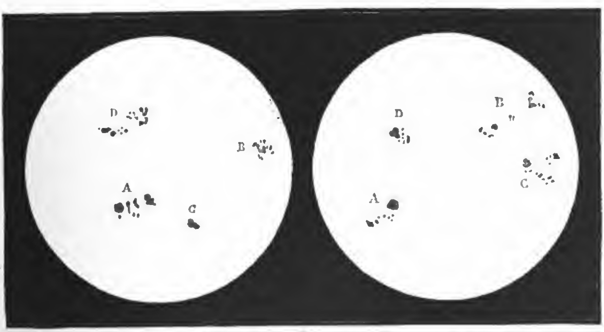
Aehnliche bedeutende Veränderungen im Ansehen der großen Sonnenflecke sind besonders auch von dem englischen Astronomen Dawes beobachtet und gezeichnet worden. Der Veränderlichkeit in Bezug auf die individuelle Erscheinung entspricht die Veränderlichkeit der Flecken in Bezug auf ihre Zahl und Größe. Tag für Tag ändert sich die Fleckenmenge der Sonnenscheibe, aber wenn man jahrelang die Sonne aufmerksam untersucht, so findet sich, daß doch im Auftreten der Sonnenflecken ein gewisses Gesetz obwaltet. Zuerst Schwabe, dann besonders Rudolf Wolf haben mit Evidenz gezeigt, daß die Menge der Sonnenflecke in eine Periode von 11 1/9 Jahren eingeschlossen ist. Die Jahre 1829, 1837, 1848, 1860 waren durch zahlreiche Sonnenflecken ausgezeichnet, die Jahre 1823, 1833, 1844, 1856, 1867 wiesen dagegen sehr wenig Sonnenflecken auf. Die Dauer dieser Fleckenperiode ist jedoch nicht stets gleich, sondern wechselt zwischen 9 und 14 Jahren, sie deutet auf eine größere Generalperiode; die etwa sechs kürzere Perioden von durchschnittlich je 11 Jahren umfaßt.

Unter die aufmerksamsten Sonnenbeobachter der Neuzeit gehört der Engländer R. C. Carrington. Er hat besonders die Veränderungen in der Vertheilung der Flecke über die Sonnenoberfläche während der elfjährigen Periode beachtet und darüber sehr instruktive Tabellen gegeben. Sie sehen hier die Reproduktion einer solchen Tabelle und erkennen daraus auf den ersten Blick die ungleiche Häufigkeit der Sonnenflecke in den verschiedenen Jahren und ihr zahlreiches Auftreten zwischen den Zonen von 10° und 30° nördlicher und südlicher Breite auf der Sonne.

Bei der Frage nach der Natur der Sonnenflecken, hat man lange einer Beobachtung große Wichtigkeit beigelegt, welche zuerst von Wilson genauer diskutirt worden ist. Diese Wahrnehmung besteht darin, daß die Penumbra großer Flecke sich sehr häufig, aber, wie man heute weiß, keineswegs immer, an der dem Sonnenmittelpunkte zugewandten Seite verschmälert, sobald der Fleck selbst sich dem Sonnenrande nähert. Infolge dieser Beobachtung sah sich William Herschel im Jahre 1779 veranlaßt, eine Umhüllung der Sonne von ganz eigenthümlicher Art anzunehmen. Zunächst dachte er sich den festen dunkeln Sonnenkörper nach allen Seiten hin umgeben von einer gasförmigen, durchsichtigen Atmosphäre, ähnlich unserer irdischen. Aber innerhalb dieser allgemeinen Atmosphäre nahm er zwei davon wesentlich verschiedene Schichten an, die er als von lockerem Zusammenhange, wolkenähnlich, beschreibt, die eine, äußere, außerordentlich leuchtend, die eigentliche Lichthülle oder Photosphäre der Sonne.

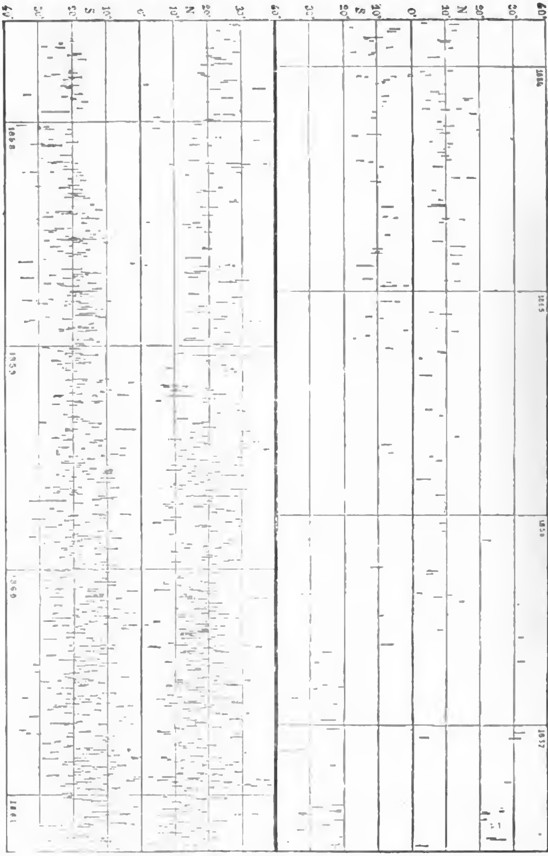


Umformungen eines Sonnenfleckes. Nach Beobachtungen von Dawes, Ende Oktober und Anfang November 1859.



Veränderung einer Gruppe Sonnenflecken während des Zeitraumes einer Umdrehung. Beobachtet von Pastorff 1828.

Die andere darunter ist dunkel oder doch nur durch Reflex schwach erleuchtet. Sie werden sich bereits im Voraus denken können, wie sich die Erscheinung der Sonnenflecken aus dieser Annahme erklärt. Lassen Sie durch irgend welches stürmische Ereigniß in den beiden wolkigen Schichten einen Riß, eine Oeffnung

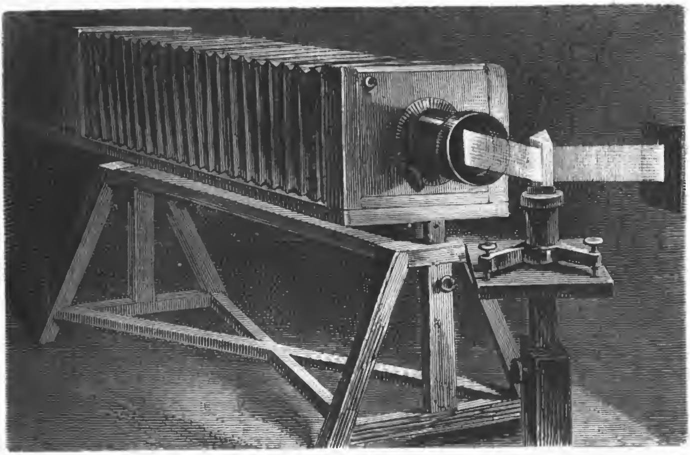


Vertheilung der Sonnenflecken unter verschiedenen heliographischen Breiten, von 1854 bis 1861. Nach Carrington.

entstehen, ähnlich etwa den Aufklärungen in unserer irdischen Wolkenhülle, so wird das Auge des Beobachters durch diese Oeffnungen hindurch sowol ein Stück der dunkeln Sonnenfläche, als rings um dieses einen Theil der schwach erleuchteten unteren Wolkenschicht erblicken. Da haben Sie Kern und Hof des Sonnenfleckes!

Aber Sie werden sich nun auch mit Leichtigkeit erklären können, warum bei der Annäherung an den Sonnenrand der nach der Mitte der Scheibe gerichtete Theil des Hofes früher verschwindet als der entgegengesetzte. Wegen der schiefen Richtung, in welcher wir in diese Oeffnung blicken, tritt allmählich im Osten der Rand der äußeren Hülle verdeckend über den Rand der inneren hervor, während im Westen uns diese Ränder noch frei entgegentreten.

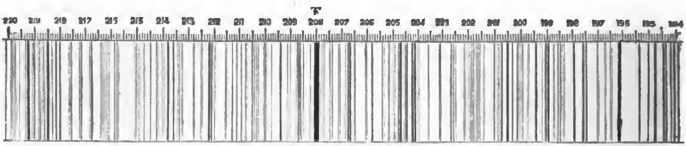
Sie können sich denken, wie vielfach die Astronomen sich in Muthmaßungen über die Natur jener Vorgänge in der Sonnenatmosphäre erschöpften, welche das Zerreißen jenes doppelten Wolkenschleiers oft auf so ungeheuere Strecken zur Folge haben. Herschel selbst hat eine Lösung dieses Problems versucht, aber sie beruht weder auf Thatsachen, noch erschöpft sie die Erscheinungen. Von dem Sonnenkörper selbst, sagt er, steigen zuweilen gewaltige Gasmassen auf, ähnlich



Einrichtung des Apparates zum Photographiren des Sonnenspektrums.

den Dämpfen, welche wir unseren Vulkanen entsteigen sehen. Wenn diese Gasmassen nun in die Sonnenatmosphäre sich erheben, so brechen sie sich durch jene Wolkenschichten gewaltsam Bahn, und die dadurch erzeugten Oeffnungen werden natürlich um so breiter, je mehr das Gas sich infolge des verminderten Druckes in der Höhe ausdehnt und verbreitet. Daraus erklärt sich, daß die Oeffnungen in der oberen eigentlichen Lichthülle gewöhnlich breiter sind als in der unteren dunkeln und uns daher beträchtliche Theile der letzteren als Höfe sichtbar werden lassen. Sie werden mir zugeben, daß diese Erklärung Herschels sehr sinnreich ist, und die berühmtesten Astronomen haben sie jahrelang angenommen. Leider klebt ihr nur der eine Fehler an, daß sie physikalisch ganz unzulässig ist. In der That müßte es eine seltsame Wolkenschicht sein, welche die ungeheuere Glutmasse, die von der Sonnenumhüllung ausstrahlt, so vollständig absorbirte,

daß auch kein Strahl auf den inneren, kalten Sonnenkern fiele, trotzdem die Flecke Gelegenheit genug bieten, um auch der dunkeln Sonnenoberfläche Hitze zuzuführen. Wenn ich Ihnen sage, daß die Sonne nach zuverlässigen Messungen jährlich so viel Wärme ausstrahlt, als der Verbrennungswärme von 90 Kugeln gleichkommt, deren jede der Erdkugel an Größe gleich ist und aus bester Steinkohle bestände, so werden Sie gestehen, daß es physikalisch unzulässig ist, eine Wolkenschicht anzunehmen, welche, unmittelbar unter jenem Glutsitze der Sonne befindlich, seit Myriaden von Jahren die Sonnenstrahlen dieser Hülle abhalten soll, auf den Sonnenkörper selbst zu fallen. Nehmen Sie aber diese schützende Wolkendecke nicht an, so fällt die Herschel'sche Theorie in sich selbst zusammen und der eigentliche Sonnenkörper kann nicht dunkel und auch nicht fest sein.



Kirchhoff's gezeichnetes Spektrum.

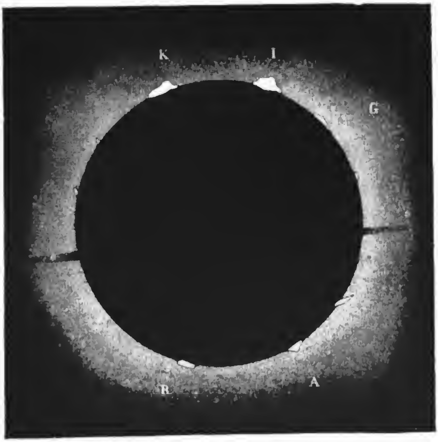


Rutherfurd's Photographie.

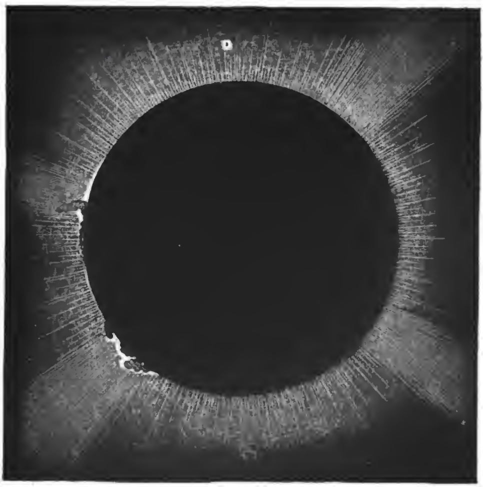
Es ist das große Verdienst von Kirchhoff in Heidelberg, durch die von ihm im Vereine mit Bunsen begründete Spektralanalyse an Stelle der bis dahin allgemein giltigen Herschel'schen Sonnentheorie eine neue, richtigere Lehre aufgestellt zu haben. Aus der Theorie der Spektralanalyse folgerte der Heidelberger Physiker zuerst mit Augenscheinlichkeit, daß der eigentliche Sonnenkörper sich im höchsten Stadium der Glut befindet und dabei von einer weniger heißen Hülle umgeben ist, die indeß noch immer eine Temperatur von solcher Höhe besitzt, daß zahlreiche auf der Erde vorkommende Körper sich in ihr als glühende Gase befinden. Von solchen Körpern nenne ich Ihnen hier Wasserstoff, Natrium, Eisen, Calcium, Chrom, Kobalt, Nickel, Kupfer, Titan, Zink. Das Prinzip, auf welches sich dieser Nachweis stützt, habe ich Ihnen schon im Anfange unserer Unterhaltungen auseinander gesetzt. Nachdem dieses Prinzip einmal bekannt geworden, kam es hauptsächlich darauf an, möglichst vollständige und genaue Darstellungen des Spektrums der Sonne mit seinen dunkeln Linien zu erhalten. Auch dieser Arbeit hat sich Kirchhoff gewidmet und die Lagen von mehr als 2000 dunkeln Spektrallinien genau bestimmt. Später ist sogar Rutherfurd in New York dazu übergegangen, das Sonnenspektrum sammt seinen Absorptionslinien direkt zu photographiren, und er hat dabei überraschend genaue und

scharfe Ergebnisse erhalten. Sie sehen umstehend die Abbildung eines Apparates, der zur Photographie des Sonnenspektrums dient, und werden nach Dem, was ich schon früher bereits mittheilte, die Bedeutung seiner einzelnen Theile leicht begreifen.

Um Ihnen ferner die Uebereinstimmung zu zeigen zwischen dem von Kirchhoff gezeichneten und dem direkt photographirten Spektrum, habe ich identische Theile von beiden nachbilden und unter einander setzen lassen. Sie sehen, wie jede Linie des oberen, gezeichneten Spektrums mit dem unteren, photographirten übereinstimmt. Auf Grund seiner durch das Spektroskop gewonnenen Anschauungen, erklärte Kirchhoff die Herschel'sche Theorie der Sonne für unrichtig und besonders die demselben entsprechende Hypothese von der Natur der Sonnenflecken für völlig unzulässig. Nach Kirchhoff sind die Sonnenflecken Wolkenmassen, die in der gasförmigen Sonnenatmosphäre schwimmen. Professor Spörer, einer der



Photographisches Bild der Corona und der Protuberanzen bei der totalen Finsterniß von 1860, aufgenommen von Secchi.



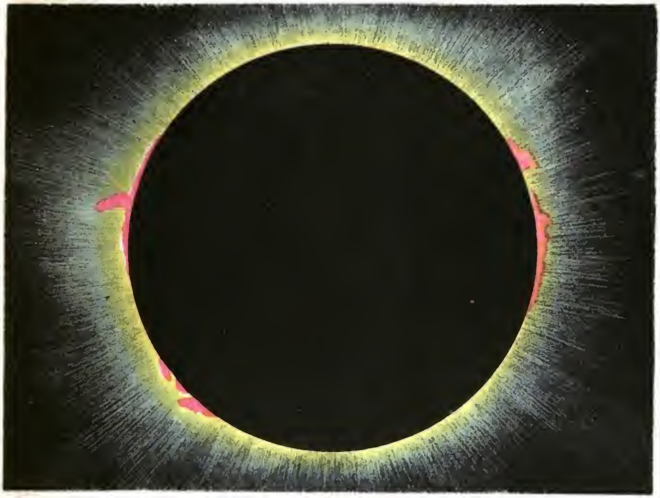
Protuberanzen der Sonne, beobachtet während der totalen Finsterniß vom 18. August 1868.

fleißigsten Sonnenbeobachter, ist ungefähr derselben Ansicht. Er hält die glänzenden Fackelflächen für die heißeren Stellen der Sonnenoberfläche und folgert hieraus, daß über ihnen aufsteigende Luftströmungen stattfinden müssen und daß infolge dessen von allen Seiten Luft nach diesen heißeren Stellen hinströmt. Die aufsteigende Strömung muß nun in einer gewissen Höhe Abkühlungsprodukte erzeugen, während die seitlichen Zuströmungen eine größere Verdichtung derselben bewirken und sie uns als Wolke sichtbar machen. Anderseits veranlaßt die Temperaturverminderung oberhalb einer solchen Wolke ein Niedersinken der höheren Luftschichten und dadurch wiederum Vergrößerung der Wolkenbildung. Eine ähnliche Theorie der Sonnenflecke hat Zöllner aufgestellt, doch denkt er mehr an konsistentere Stoffe, an Schlackenmassen, die auf der eigentlichen Sonnenoberfläche schwimmen.

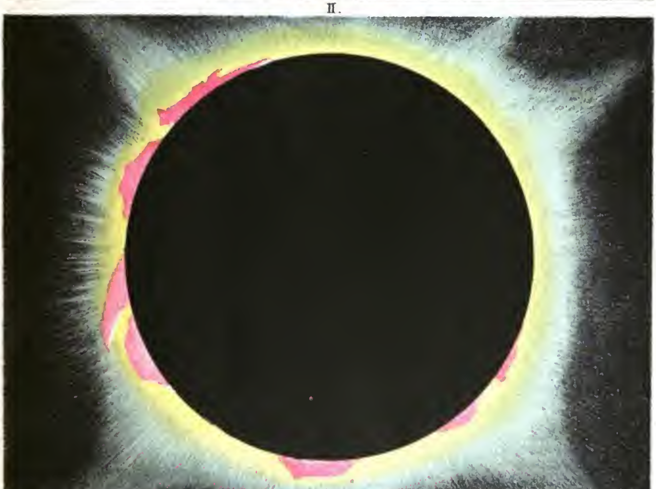
Wir verdanken diese richtigeren Anschauungen über die physikalischen Zustände des Sonnenballes, wie ich bereits hervorhob, lediglich der Spektralanalyse. Dieselbe hat aber auch noch in anderer Beziehung unser Wissen von der Sonne werthvoll erweitert.

Schon vor Jahrhunderten hat man die Beobachtung gemacht, daß bei totalen Sonnenfinsternissen, sobald der Mond die ganze Sonnenscheibe bedeckt, ein leuchtender und strahlender Ring um die Sonne sichtbar wird, dem man den bezeichnenden Namen Corona gegeben hat. Am Grunde dieser Corona, also scheinbar von der Oberfläche des Mondes, in Wirklichkeit aber von der Oberfläche der dahinter befindlichen Sonne, aufsteigend, erblickte man bei der totalen Sonnenfinsterniß am 8. Juli 1842 rothe zungen- oder flammenartige Hervorragungen. Dieselbe Wahrnehmung machte man auch bei späteren totalen Sonnenfinsternissen, aber weil diese Erscheinungen mit Ende der Totalität unsichtbar werden und die Dauer der totalen Bedeckung höchstens nur wenige Minuten erreicht, so war es unmöglich, über die Natur jener rothen Hervorragungen oder Protuberanzen klar zu werden. Sie sehen S. 223 die Nachbildung der Photographie der Corona und der Protuberanzen A, R, K, I, G, bei Gelegenheit der totalen Sonnenfinsterniß von 1860. Um Ihnen zu zeigen, wie verschieden sich letztere zu verschiedenen Zeiten gestalten, füge ich noch eine Darstellung der Protuberanzen während der Sonnenfinsterniß vom 18. August 1868 bei. Als nun die Spektralanalyse helfend eintrat, hat sie gleich bei ihrer ersten Anwendung auf diese Erscheinungen, bei Gelegenheit der totalen Sonnenfinsterniß vom 18. August 1868, definitiv entschieden, daß die Protuberanzen ungeheuere, glühende Gasströme sind, in welchen Wasserstoff die Hauptrolle spielt. Aber noch mehr. Mit Hülfe der Spektralanalyse ist es möglich geworden, die Protuberanzen zu jeder Zeit, wenn die Sonne überhaupt sichtbar ist, zu beobachten, zu zeichnen, ja selbst zu photographiren! Man erreicht diese Sichtbarkeit der Protuberanzen in ihrer ganzen Gestalt dadurch, daß man den Spalt des Spektroskops, nachdem man ihn auf den Sonnenrand eingestellt hat, erweitert. Die Protuberanzen treten dann sofort mit überraschender Deutlichkeit hervor. Die spektroskopische Beobachtung der Sonne hat gleich Anfangs einige unermüdliche Freunde gefunden, unter denen vorzugsweise N. Lockyer in London und Pater Secchi in Rom zu nennen sind, die unser Wissen über die Sonne wesentlich erweiterten.

I.



II.

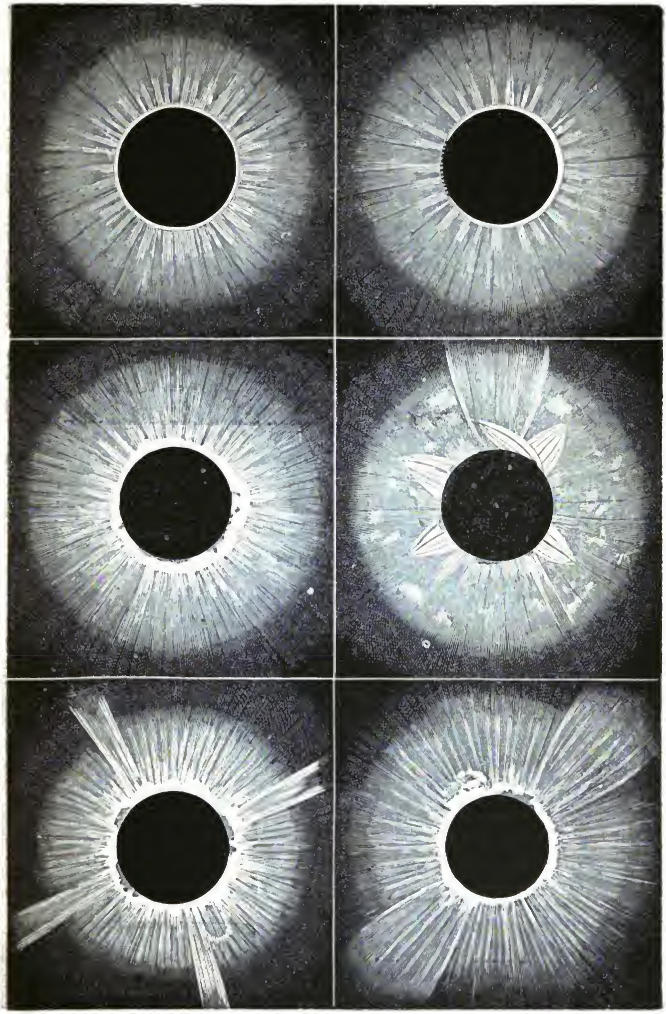


Wunder d. Sternenwelt. 2. Aufl.　　　　Leipzig. Verlag von Otto Spamer.

CORONA UND PROTUBERANZEN DER SONNE.

I. Beobachtet bei der totalen Finsterniſs vom 18. August 1868.
II. Bei der Finsterniſs vom 7. August 1869.

Lith. u. Druck v. F. A. Strassberger, Leipzig



Aussehen der Sonne bei verschiedenen Finsternissen. 1. Ringförmige Sonnenfinsterniß (schematisch). 2. Ringförmige Finsterniß vom 15. Mai 1836. 3. Totale vom 28. Juli 1851. 4. Totale von 1858. 5. Vom 18. Juli 1860. 6. Vom 8. Juli 1842.

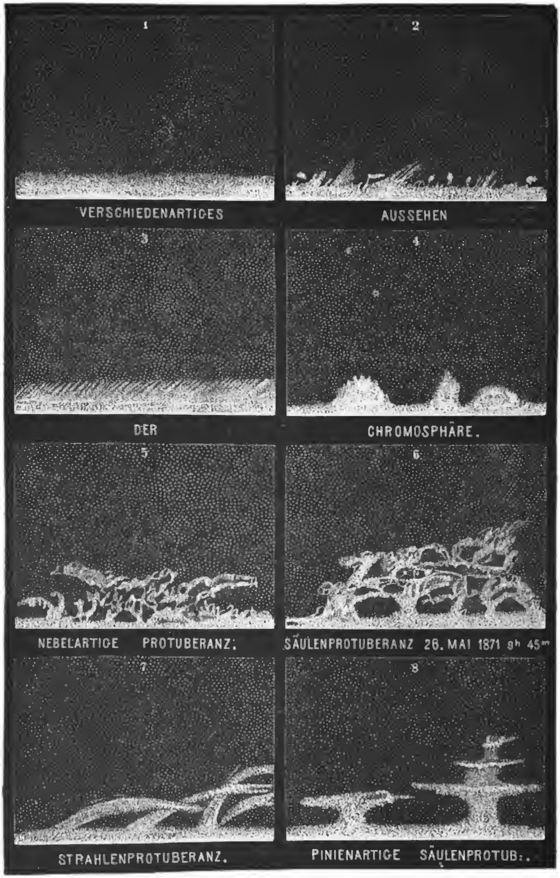
Letzteres bezieht sich vor Allem auf die Sonnenumhüllung und die darin statthabenden Vorgänge. Zunächst fand Lockyer, daß die Sonne an ihrer Oberfläche rings von einer Hülle glühenden Wasserstoffs umgeben ist, der er den Namen Chromosphäre gab. Die Dicke derselben beträgt 1000 bis 1500 Meilen. Aus dieser Hülle, oder, wie Zöllner glaubt, aus den darunter befindlichen Schichten der Sonne, werden die Protuberanzen mit ungeheuerer Geschwindigkeit bis zu Höhen von 20,000 Meilen in die glühende Sonnenatmosphäre emporgetrieben. Ueberhaupt hat uns das Spektroskop Kunde gegeben von ununterbrochenen großartigen Revolutionen auf der glühenden Sonnenoberfläche; Stürme glühenden Wasserstoffes durchbrausen die Atmosphäre der Sonne mit einer Geschwindigkeit, gegen welche die Schnelligkeit unserer irdischen Orkane völlig verschwindet. In ungeheueren Garben schießen Protuberanzen auf, glühende Metalldämpfe des Eisens, Natriums, Magnesiums, Bariums mit emporreißend, und dann senken sie sich wieder in gewaltigen, viele tausend Meilen überspannenden Bogen herab, kurz, auf der Sonne herrscht ein wahres Wüthen der rohen Materie, ein feuriger Uebermuth der rohen Gewalt. Nachstehend sehen Sie verschiedene Abbildungen einzelner Theile der Chromosphäre und gewisser Protuberanzen. Um den richtigen Maßstab für die Großartigkeit der hier dargestellten Gebilde zu haben, dürfen Sie nicht vergessen, daß daneben die Erde nur die Größe einer Erbse haben würde.

Die Großartigkeit des Schauspiels, welches ununterbrochen die feurigen Gewalten auf der Sonne aufführen, übersteigt unser Vorstellungsvermögen. Aber dieser wilde Kampf der Materie dort ist nothwendig, und wäre er nicht, so würde bald alles Leben auf der Erde untergehen müssen. Denn die Wissenschaft hat nachgewiesen, daß alle Kraft, welche hier auf der Erde in Wirksamkeit tritt (mit Ausnahme der durch die Ebbe und Flut erzeugten Bewegung), von der Sonne ausging und zuerst in Gestalt von Wärmestrahlen auf unsern Planeten herabkam. Betrachten Sie die Kräfte, die unserer Erde innewohnen, die gefüllten Schätze der Kohlenfelder, die Winde und Flüsse, unsere Flotten, Armeen und Geschütze. Was sind sie? Sie sind alle durch einen kleinen Theil der lebendigen Kraft der Sonne erzeugt, der kaum $\frac{1}{2300000000}$ der ganzen Kraftausstrahlung derselben ausmacht. Würde diese Kraft der Sonne versiegen, würde die Sonne erkalten, so würde alle irdische Kraft bald verbraucht und in den Weltraum ausgestrahlt sein, öde, starr und todt würde die Erdoberfläche daliegen und keine Bewegung sich auf ihr mehr kundgeben können. So Vieles liegt daran, daß die Sonne eine ungeheuere glühende Masse und kein dunkler Körper ist. Fragen Sie mich nun, wie lange noch die Sonne leuchten und wärmen wird, so kann ich Ihnen darauf nur die Antwort geben: sie wird so wenig ewig leuchten, wie sie ewig geleuchtet hat. Es war voreinst eine Zeit in der die Sonne ihre ersten Strahlen aussandte, und es muß dereinst die Zeit kommen, in welcher sie ihren letzten Strahl aussenden wird; wann letzteres eintritt, wissen wir nicht. Doch begeben wir uns aus jenen entlegenen Zeiten wieder zurück zur Gegenwart, um so mehr, als ich über den Ursprung der Sonne und ihres ganzen Gefolges von Planeten und Monden noch später zu Ihnen sprechen muß; verlassen wir den Sonnenball und wenden uns den Körpern zu, für die er Bewegungsmittelpunkt und uneingeschränkter Herrscher ist.



Ansicht des Zodiakallichtes in Europa. Nach Heis.

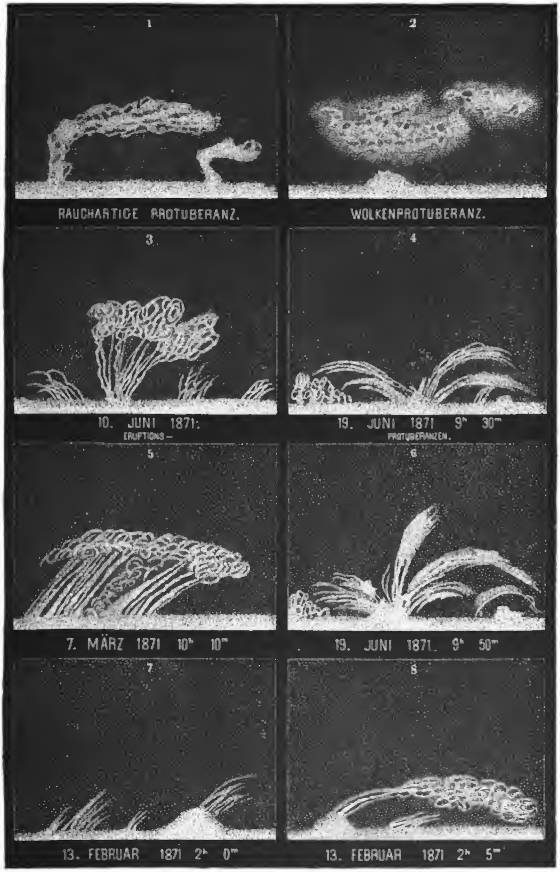
Wir treffen hier zunächst auf eine sehr merkwürdige, aber lange nicht genug beachtete Erscheinung. Haben Sie einmal an einem heiteren März- oder



Verschiedene Formen von Sonnenprotuberanzen.

Septemberabende, zur Zeit der Nachtgleichen, jenen lichten weißlichen Schein beachtet, der sich dann am westlichen Himmel zu zeigen pflegt? In einer Breite von 20—30 Graden steigt er am Horizonte auf, genau oder nahezu der Richtung

der Ekliptik folgend und gegen das Zenith hin in einer schmalen, kaum noch dem aufmerksamsten Auge sichtbaren Spitze verschwindend. Das ist das Zodiakal-



Verschiedene Formen von Sonnenprotuberanzen.

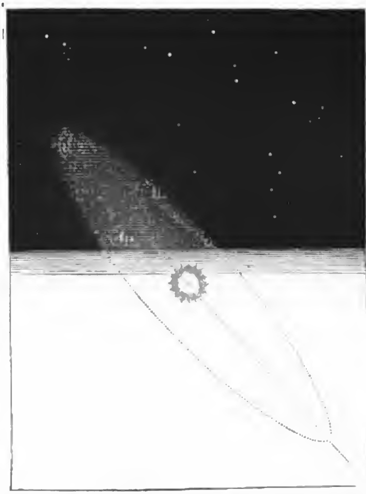
oder Thierkreislicht, so genannt, weil die ersten Beobachter es von den Grenzen des Thierkreises eingeschlossen glaubten. In der trüben Atmosphäre unserer nördlichen Zone ist freilich kaum einmal zu Anfang des Frühlings oder des

Herbstes eine schwache Spur dieser Erscheinung kurz vor der Morgendämmerung und nach der Abenddämmerung zu entdecken, und meist verliert sich auch dieser Schein noch im Lichte des anbrechenden oder scheidenden Tages. Das ist wol auch die Ursache, warum wir keine ältere Beobachtung dieser Erscheinung besitzen, obwol Andeutungen schon bei Plinius und Festus Pompejus vorkommen. Aber mit einem wunderbar klaren und milden Glanze erleuchtet sie die Nächte der Tropen. In der dünnen und trockenen Atmosphäre der über 4000 Meter hohen Cordillerengipfel, auf den unabsehbaren Grasfluren der Llanos von Venezuela und den Prärien Mexiko's, an dem Meeresufer unter dem ewig heiteren Himmel von Cumana, in der wundervoll durchsichtigen Atmosphäre der Südsee an den Westküsten von Peru und Mexiko, dort erscheint, wie Alexander v. Humboldt berichtet, das Zodiakallicht in unnennbarer Pracht. Den Glanz der Milchstraße überstrahlend, gewährt es im Verein mit dem Funkeln der Sterne und Nebelflecke einen Anblick, den keine bildliche Darstellung wiederzugeben vermag. Vorzüglich um die Zeit der Nachtgleichen, wenn die Sonnenscheibe sich in das Meer gesenkt und völlige Finsterniß die kurze Tropendämmerung verdrängt hat, taucht plötzlich an dem sternbesäeten Himmelsgrunde ein prachtvoller und doch lieblicher Glanz auf, vom Horizont bis zur halben Höhe des Himmelsgewölbes hinanreichend. Tief unten erscheinen wie auf gelbem Teppich schmale, langgedehnte Wolken zerstreut an dem dunkeln Blau, hoch oben flockige Wölkchen, in der bunten Pracht aller Farben spielend. Als sollte eine neue Sonne aufgehen, nimmt die Helligkeit der Nacht zu, erst gegen Mitternacht gänzlich verschwindend. Humboldt hat in einem altaztekischen Manuskripte die Bemerkung gefunden, daß das Zodiakallicht im Jahre 1509 vierzig Nächte hindurch auf der Hochebene von Mexiko am östlichen Himmel wahrgenommen wurde. Wir haben es also bei der ganzen Erscheinung keineswegs, wie Einige wollten, mit einem wirklich in den letzten Jahrhunderten neu entstandenen Phänomen zu thun, sondern das Schweigen der Alten über diese merkwürdige Lichtpyramide ist blos auf ihre Unaufmerksamkeit zurückzuführen, wodurch sie die zarte Erscheinung übersahen.

Die Ehre, das, was wir heute Zodiakallicht nennen, entdeckt zu haben, gebührt dem großen Beobachter Tycho Brahe; allein er verfolgte die Erscheinung nicht weiter, und das Gleiche gilt von Childrey, der um 1660 mehrere Jahre lang den Lichtschimmer im Frühlinge bemerkte und die Ergründung derselben den Astronomen empfahl. Die eigentliche wissenschaftliche Beobachtung des Zodiakallichtes beginnt mit dem Jahre 1683, als dasselbe die Aufmerksamkeit von Dominicus Cassini erregte.

Es ist sehr erklärlich, daß die ersten Beobachter durch das Auffallende in Zeit und Ort dieser Erscheinung auf den Gedanken kamen, sie mit dem Sonnenäquator in Zusammenhang zu bringen. Schon Cassini bemerkte, daß das Zodiakallicht sich in ähnlicher Weise wie der Sonnenäquator von Tag zu Tage mehr von der Ekliptik abwandte. Man erklärte daher die Erscheinung geradezu für die sichtbar werdende Sonnenatmosphäre selbst, die an den Polen stark abgeplattet, in der Ebene des Aequators weit ausgedehnt sei und durch den Widerschein der Sonnenstrahlen, gerade wie unsere Atmosphäre die Dämmerung, so den linsenförmigen Schein des Zodiakallichtes erzeuge. Unter gewöhnlichen

Umständen sich etwas über die Venusbahn hinaus erstreckend, sollte sie bei starker Aufregung bisweilen sich noch weit über unsere Erdbahn hinaus ausdehnen. Letztere Annahme erschien als unbedingt nothwendig, weil schon Cassini gefunden hatte, daß die äußerste Spitze des Zodiakalschimmers bisweilen mehr als 90° vom Ort der Sonne entfernt ist, also die Erdbahn überschreiten muß. Ist aber eine solche Sonnenatmosphäre annehmbar? Dieser Ansicht stellt sich eine unüberwindliche Schwierigkeit von Seiten der Mechanik des Himmels entgegen. Die Atmosphären aller Himmelskörper nehmen stets eine Umdrehungsbewegung an, welche der des von ihnen eingehüllten Centralkörpers gleichkommt, und daß die Sonnenatmosphäre eine solche besitzen müßte, dafür würde schon ihre bedeutende Abplattung sprechen. Für diese Sonnenatmosphäre würde sich nun, wie wir gesehen haben, die Dauer der Umdrehung auf $25\frac{1}{2}$ Tage belaufen. Die Schwungkraft, welche für die Grenzen des Thierkreislichtes aus einer solchen Bewegung hervorgehen müßte, würde durch die anziehende Kraft der Sonne nicht mehr im Gleichgewicht gehalten werden können, da wir ja wissen, daß für die Erde, für welche dieses Gleichgewicht besteht, die Zeit des Umlaufes um die Sonne 365 Tage, also mehr als das Vierzehnfache jener beträgt. Die Materie des Thierkreislichtes oder jene Sonnenatmosphäre würde sich darum sehr schnell in den Raum zerstreuen, und es läßt sich mit mathematischer Gewißheit nachweisen, daß dies bereits in einem Abstande von der Sonne, welcher $\frac{9}{20}$ der Merkursweite gleichkäme, erfolgen müßte. Man mußte also zu anderen Erklärungen seine Zuflucht nehmen, und die außerordentliche Durchsichtigkeit des Zodiakallichtes, durch welches das Licht der Sterne ungeschwächt und ungebrochen hindurchstrahlt, ließ an eine gewisse Verwandtschaft mit der stofflichen Ursache des Nordlichtes oder noch mehr der Materie der Kometenschweife denken. Wenn man Anfangs in roherer Weise geradezu die Kometen bei ihrer Annäherung zur Sonne einen Theil ihrer Materie um diese ablagern ließ, so haben neuere Astronomen nur einen ähnlichen zusammenhangslosen, staubähnlichen Weltdunst angenommen. Die verbreitetste und anerkannteste Ansicht ist aber jedenfalls diejenige, nach welcher das Zodiakallicht aus einem dunstartigen, abgeplatteten, frei im Weltraume zwischen der Venus- und Marsbahn kreisenden Ringe ausstrahle.



Lage und Neigung des Zodiakallichtes gegen den Horizont.

Jenseit jener Grenze, wo die Anziehung der Sonne der Schwungkraft das Gleichgewicht hält, mußte nach dieser Ansicht die Sonnenatmosphäre entweichen und, soweit sie sich nicht zu festen Planeten ballte, als dunstförmiger Ring den Umlauf fortsetzen. In neuester Zeit haben zwei aufmerksame Beobachter der Erscheinung, G. Jones in Nordamerika und Professor E. Heis in Münster, unabhängig von einander Ansichten über die Stellung des Zodiakallichtes im Planetensysteme ausgesprochen, welche fast ganz identisch sind und der Erscheinung eine engere Beziehung zur Erde anweisen. Nach diesen Ansichten ist das Zodiakallicht ein nebelartiger Ring, der nicht die Sonne, sondern vielmehr unsere Erde umgiebt. Es wäre ein überraschendes Ergebniß, wenn weitere Forschungen diese Hypothese zur Gewißheit erhöben und damit zeigten, daß der Erdball seit Alters von einem ungeheuren Ringe umgeben ist, ohne daß die Menschheit auch nur eine Ahnung davon besaß!

Nach einer anderen Hypothese, welche R. Falb aufgestellt, würde das Zodiakallicht in noch engerem Zusammenhange mit der Erde stehen und durch Verdampfung in Folge der Sonnenwärme hervorgerufen werden. Das Verdampfungsobjekt wäre das Wasser der Ozeane. Dafür würde nach Falb auch der Gegensatz des lichtschwächeren Zodiakallichtes im Herbstäquinoktium am Morgen und des helleren zur Zeit des Frühlingsäquinoktiums am Abende sprechen; im ersteren hätten wir die Verdampfungsprodukte einer großen, unmittelbar vorher von der Sonne beschienenen Wasserfläche (des großen Oceans), im zweiten die Dünste von unmittelbar zuvor beschienenen ausgedehnten Kontinenten (Afrika, Südamerika) vor uns. Ob und wie weit diese Hypothese den Thatsachen der Beobachtung entspricht, mag dahin gestellt bleiben, jedenfalls scheinen sich die neueren Untersuchungen des Phänomens dahin zu neigen, dasselbe in nähere Beziehung zu unserer Erde zu bringen, als man früher anzunehmen geneigt war. Für die Erklärung der Erscheinung würde es von Wichtigkeit sein, wenn es gelingen sollte, das Licht derselben spektroskopisch analysiren zu können. Versuche in dieser Richtung sind zuerst von Liais, später von Angström und Respighi gemacht worden. Es fand sich, daß im Spektrum des Zodiakallichtes eine einzige grüne Linie sichtbar war, die gleichzeitig auch im Spektrum der Corona unserer Sonne und in demjenigen des Nordlichtes erscheint. Diese Linie läßt sich zur Zeit mit Sicherheit noch nicht identifiziren, es bedarf vielmehr noch weiterer und genauerer Beobachtungen, um auch nur die Frage zweifellos zu entscheiden, ob das Zodiakallicht selbstleuchtend ist oder nicht.



Tycho Brahe's Sternwarte.

Viertes Kapitel.

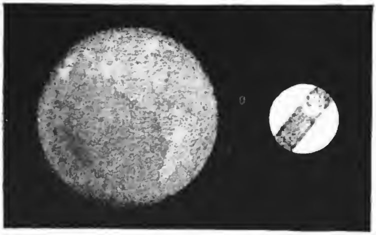
Die sonnennahen Planeten.

Erst Empfindung, dann Gedanken,
Erst ins Weite, dann zu Schranken,
Aus dem Wilden hold und mild
Zeigt sich Dir das wahre Bild.

Wer Reisen gemacht hat, sei es durch die lieblichen Hügellandschaften Norddeutschlands oder durch die Alpengebiete Süddeutschlands und der Schweiz, der wird die üble Laune begreifen, die manchen Touristen anwandelt, wenn er einen der Glanzpunkte seines Reisegebietes verläßt und einem neuen Glanzpunkte zueilt. Vor ihm liegt vielleicht eine öde, interesselose Landschaft, die er am liebsten im Fluge und mit geschlossenen Augen durcheilen möchte. Und doch gebietet ihm wieder seine Touristenpflicht, hie und da in dieser Landschaft zu verweilen und Oertlichkeiten in Augenschein zu nehmen, denen vielleicht nur eine historische oder kulturhistorische Bedeutung Interesse verleiht. Solch eine Lage ist es nun beinahe, in welcher wir uns befinden, indem wir nach unserer Umschau auf der Sonne unsern Flug in dem Weltraume fortsetzen. Vor uns dehnt sich auf mehr als 30 Millionen Meilen weit eine einförmige Oede aus, und unter den wenigen Weltkörpern, die sie bevölkern, scheint noch unsere Erde der bedeutendste. Kann ich ja doch nicht verhehlen, daß die einzigen drei fremden Welten, denen wir begegnen werden, an Größe, Dichtigkeit, Abplattung, Rotationsgeschwindigkeit, ja vielleicht selbst an Naturbeschaffenheit

eine Uebereinstimmung mit unserer Erde zeigen, die nicht gerade große Ueberraschungen verspricht. Die Phantasie, die allein noch diese Einförmigkeit mit ihren bunten Reizen beleben könnte, sie haben wir ja ihrer Macht entkleidet. Aber es soll ja doch auch keine bloße Touristenfahrt durch den Himmel sein, die wir unternommen; es soll vor Allem der Wissenschaft des Himmels und den Wegen ihrer Forschung gelten. Auf einem Verweilen in diesen Räumen muß ich also bestehen, aber ich kann zugleich das beruhigende Versprechen geben, daß es nur ein kurzes sein werde, da ja auch der Wissenschaft, soweit sie sich nicht in phantastischen Spielen gefällt, hier bisher nur ein flüchtiges Verweilen gestattet war.

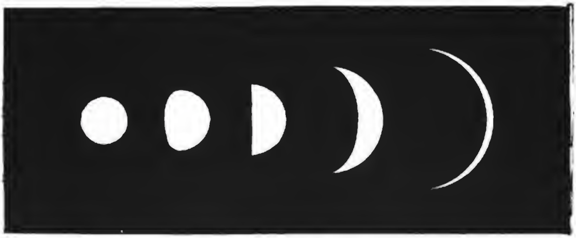
Acht Millionen Meilen legen wir von der Sonne zurück und vor uns schwebt eine kleine sonnenbeleuchtete Welt. Eine kleine Welt, sage ich, denn sie ist klein im Verhältniß zu unserer Erde; ihr Durchmesser kommt kaum $^2/_5$ des Erddurchmessers gleich, und ihr Rauminhalt wird demnach 16—17mal von dem unserer Erde übertroffen.



Erde und Merkur in ihrem wahren Größenverhältniß.

Vielleicht niemals in Ihrem Leben haben Sie diesen Weltkörper von der Erde aus erblickt. Sein Name „Merkur" ist vielleicht das Einzige, was Sie von ihm wissen, und etwa noch, daß er von den Alten auch als Morgen- und Abendstern bezeichnet wurde. Die Ursache seiner seltenen Sichtbarkeit liegt in seiner außerordentlichen Nähe bei der Sonne. In seiner weitesten Abweichung entfernt er sich meist nur auf 16—17°, nie über 20° von der Sonne und erscheint darum stets tief am Horizont in den Strahlen der auf- oder untergehenden Sonne. Sie werden daraus die oft angeführte Klage des Kopernikus begreifen, er werde ins Grab steigen, ohne Merkur jemals beobachtet zu haben. Und jene Mahnung, welche Möstlin, der Lehrer Kepler's aussprach: „Wenn ich Jemand wüßte, der sich mit Merkur beschäftigte, so würde ich ihm mitleidsvoll rathen, seine Zeit nützlicher anzuwenden", wird Ihnen wenigstens für eine Zeit berechtigt erscheinen, in welcher man auf eine Beobachtung des Himmels mit bloßen Augen angewiesen war. In unsern Gegenden, wo der Horizont fast niemals dunstfrei erscheint, dürfte es selbst wenig Astronomen geben, die den Merkur mehr als drei- oder viermal mit unbewaffnetem Auge gesehen. Nur unter dem wolkenreinen Himmel des Südens zeigt er sich trotz des umgebenden Dämmerungslichtes in so strahlendem Glanze, daß die Alten ihm den Namen des „Funkelnden" gaben. Für uns ist freilich durch die Entdeckung des Fernrohres ein Mittel gegeben, diesen schwer zugänglichen Planeten in den Bereich der Beobachtung zu ziehen, indem man ihn einfach am Tage aufsucht, zu welcher Zeit er, wenn man seinen Ort am Himmelsgewölbe kennt, selbst mit einem kleinen Instrumente leicht gesehen werden kann.

Einen Planeten nannte ich den Merkur, und das ist er in der That. Seine Bewegung am Himmel, seine wechselnden Lichtphasen, seine Vorübergänge vor der Sonnenscheibe, legen dafür ein hinreichendes Zeugniß ab.



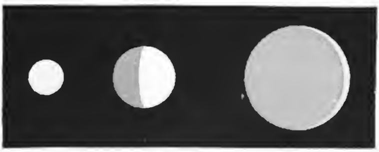
Phasen des Merkur, Abends nach Sonnenuntergang.

Die beiden Figuren zeigen Ihnen den Merkur, wie er von der Erde aus Abends und Morgens sich im Fernrohre darstellt. Die erste Figurenreihe (Fig. oben) zeigt Ihnen den Merkur, wie er nach Sonnenuntergang sichtbar ist, zuerst als kleine helle, fast ganz runde Scheibe, ähnlich dem Monde ein paar Tage vor dem Vollmonde. Nach und nach wird diese Scheibe von Osten her schmäler, bis sie zu der Zeit, in welcher sich Merkur scheinbar am weitesten von der Sonne entfernt hat, sich als Halbkreis darstellt. Von jetzt ab wird die Gestalt des Planeten mehr und mehr sichelförmig, und er nähert sich wieder der Sonne, bis er schließlich als ganz schmaler Lichtfaden in den Strahlen der Sonne verschwindet. Kurze Zeit darauf findet man ihn Morgens an der andern Seite der Sonne wieder und seine Lichtgestalten folgen sich nun in genau umgekehrter Ordnung wie eben beschrieben. Das Spiegelbild der obigen Figur würde die Phasen des Merkur als Morgenstern zeigen. Die Gesammtfolge dieser Lichtgestalten beweist, daß Merkur ein kugelförmiger, an und für sich dunkler Körper ist, der sich um die Sonne bewegt und von dieser erleuchtet wird.



Erklärung der Merkurphasen.

Sie begreifen ohne Schwierigkeit, daß ein Beobachter, der von der Erde aus den Planeten in seinen verschiedenen Stellungen verfolgt, je nach diesen einen ungleich großen Theil der erleuchteten Seite wahrnehmen wird. In umstehender Figur bezeichne die strahlende Scheibe in der Mitte die Sonne, der Kreis sei die Bahn des Merkur und in T der Ort der Erde. Wenn sich Merkur in M befindet, also zwischen Sonne und Erde, so wendet er letzterer seine dunkle Seite zu und ist deshalb für uns nicht als leuchtender Körper sichtbar. In dieser Stellung sagt man übrigens, der Planet befinde sich in unterer Konjunktion mit der Sonne. Lassen Sie nun den Planeten über M' seine Bahn durchlaufen, so sehen Sie sofort, daß die Gesichtslinie TM' von der Erde aus ein immer breiteres Stück der erleuchteten Hemisphäre abschneidet, bis endlich in der Stellung Erde, Sonne, Merkur letzterer seine volle Scheibe der Erde zuwendet. Man sagt dann, Merkur steht in oberer Konjunktion mit der Sonne. Es ist klar, daß jetzt seine Scheibe für den Anblick von der Erde aus weit kleiner erscheinen muß, als nahe bei der unteren Konjunktion, weil er nun um den ganzen Durchmesser der Merkurbahn, oder um beiläufig $15\frac{1}{2}$ Millionen Meilen weiter von der Erde entfernt steht, als im letzteren Falle. In nebenstehender Figur ist das Verhältniß der scheinbaren Größe der Merkurscheibe bei größter, mittlerer und kleinster Entfernung von der Erde dargestellt. Die Bahn, welche Merkur um die Sonne beschreibt, ist kein genauer Kreis, sondern merklich elliptisch.

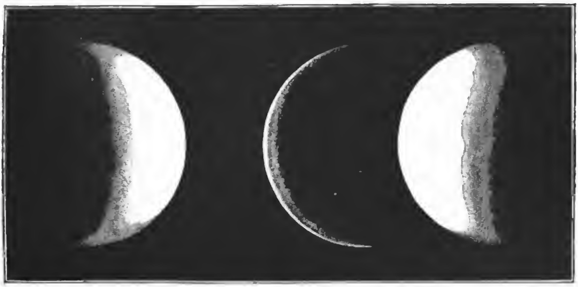


Scheinbare Größen der Merkurscheibe in größter, mittlerer und kleinster Entfernung von der Erde.

Nimmt man, wie dies in der Astronomie immer geschieht, die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne zur Einheit, so beträgt die mittlere Entfernung des Merkur von der Sonne oder die halbe große Axe seiner Bahn 0,387 und die Exzentrizität derselben in Theilen dieser halben großen Axe 0,2056, oder beiläufig $\frac{1}{5}$. Die Zeit, welche Merkur gebraucht, seine Bahn einmal zu durchlaufen, mit anderen Worten also seine siderische Umlaufszeit, beträgt 87 Tage 23 Stunden 15 Minuten 44 Sekunden.

Betrachten wir jetzt den Merkur als Planeten-Individuum genauer. Nach Bessels Messungen ist sein scheinbarer Durchmesser in mittlerer Entfernung von der Erde gleich 6,7 Bogensekunden, woraus ein wahrer Durchmesser von 644 Meilen folgt. Die Oberfläche dieses Planeten beträgt hiernach 1,300,000 Quadratmeilen oder ungefähr nur so viel, als unsere Erdtheile Afrika und Amerika zusammengenommen. Die Masse Merkurs ist schwer zu bestimmen, sie ist wahrscheinlich nicht viel von $\frac{1}{4300000}$ der Sonnenmasse verschieden. Im Vergleich zu der unserer Erde ist die durchschnittliche Dichte Merkurs 1,6, oder mit anderen Worten: dieser Planet wiegt so viel wie eine homogene Kugel aus gegossenem Eisen. Wegen seines starken Glanzes und seiner großen Nähe bei der Sonne sind Beobachtungen der Oberfläche des Merkur schwierig. Schröter hat früher einzelne hierher gehörige Bemerkungen gemacht. Er behauptet,

daß zur Zeit, wo der Merkur sich in seiner Sichelgestalt zeigt, das südliche Horn bisweilen deutlich abgestumpft und beinahe wie abgebrochen erscheint. War die Beobachtung richtig, so findet sie nur in bedeutenden Unebenheiten der Merkuroberfläche eine Erklärung. Man muß dann annehmen, es sei in der Gegend dieses südlichen Horns ein sehr hoher Berg vorhanden, der das Sonnenlicht verhindere, den Punkt zu erreichen, den die Spitze des Horns sonst einnehmen würde. Man muß dann weiter in dem regelmäßigen Wiedererscheinen dieser Abstumpfung das Zeichen der Rückkehr jenes Berges an den Rand der sichtbaren Scheibe erblicken und könnte endlich aus einer Vergleichung dieser Zeitpunkte einen Schluß auf die Dauer der Zeit ziehen, in welcher der Merkur seine Axendrehung vollendet. Schröter und Harding behaupteten in der That, alle diese Beobachtungen gemacht zu haben, und es wurde daraus die Dauer der Merkurrotation auf 24 Stunden 5 Minuten berechnet. So unsicher schon dieses Resultat ist, um so viel gewagter erscheint noch die Berechnung, welche Schröter aus der Größe dieser Abstumpfung für die Höhe des Berges anstellte, welcher sie hervorruft. Es ergab sich eine Höhe des Berges von $2^1/_2$ Meilen, die also der doppelten Höhe unseres Dhawalagiri gleichkommt und etwa dem 125. Theil des Merkurhalbmessers entspricht, also außer allem Verhältniß zur Größe dieses Weltkörpers steht.

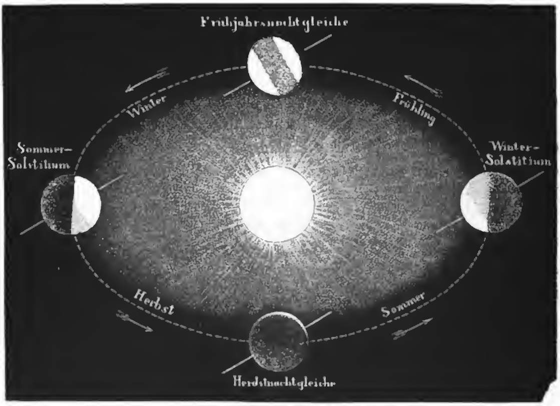


Sichelgestalten des Merkur Nach Schröter.

In ähnlicher Weise haben dieselben Astronomen auch einen dunklen Streifen, den sie in der Mitte seiner Scheibe entdeckten und der nach Osten hin eine schwärzere Stelle zeigte, für die Berechnung der Rotation dieses Planeten benutzt, indem sie gleichzeitig aus seiner Bewegung einen Schluß auf die Lage seiner Axe zogen. Sie bestimmten die Neigung derselben gegen die Ebene der Bahn auf etwa 70°, ein Resultat, das eine auffallende Uebereinstimmung mit der Stellung der Erdaxe darbietet. Jedenfalls sind alle diese Beobachtungen äußerst unsicher. Die spektroskopische Untersuchung des Merkur durch Vogel und Lohse hat ergeben, daß das Spektrum dieses Planeten vollkommen mit demjenigen der Sonne übereinstimmt, jedenfalls nichts zeigt, was auf eine wahrnehmbare Atmosphäre um den Merkur schließen läßt. Damit stimmen auch die Untersuchungen Zöllners überein, der aus der Art und Weise, wie sich die

Helligkeit des Planeten in seinen Phasen verändert, das Resultat ableitet, Merkur sei ein Planet mit einer sehr gebirgigen Oberfläche, aber ohne Atmosphäre.

Die Unklarheit, in welche wir die Naturverhältnisse des Merkur noch gehüllt sehen, verschwindet, sobald es allgemeinen kosmischen Beziehungen gilt, und unter diesen steht zumal als eine der wichtigsten Lebensbedingungen die Beleuchtung und Erwärmung voran. Dem Merkurbewohner, wenn sie solchem ein Dasein gönnen wollen, erscheint die Sonnenscheibe in dem mittleren Abstande des Planeten fast siebenmal heller strahlend und siebenmal größer als uns.



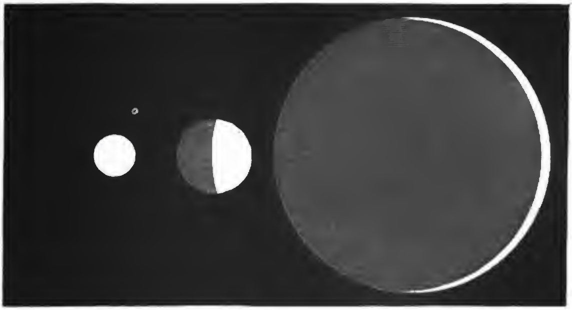
Die vier Jahreszeiten des Merkur.

Wenn die Beobachtungen in Betreff der Neigung der Rotationsaxe richtig sind, so würde es auf dem Merkur allerdings ähnliche Tages- und Jahreszeiten, selbst ähnliche Zonen und Klimate wie auf der Erde geben. Aber denken Sie sich den außerordentlichen Wechsel, die Regsamkeit, die in das Merkurleben durch die auffallend exzentrische Form der Bahn kommen muß. Während der Merkur in seiner äußersten Entfernung kaum das Fünffache des Lichtes, das wir von der Sonne erhalten, empfängt, muß in seiner Sonnennähe ihm fast die elffache Licht- und Wärmemenge zuströmen. Welch schroffe Wechsel der überdies so kurzen Jahreszeiten werden dadurch bedingt! Die vorstehende Figur giebt eine Darstellung der verschiedenen Stellungen des Merkur in seiner Bahn während der Solstitien und Aequinoktien. Wir würden offenbar unter dem Einflusse einer fünf- bis elffachen Licht- und Wärmeintensität der Sonne nicht bestehen können und ebenso würde unsere heutige Pflanzenwelt die größten Veränderungen erleiden, besonders wenn die Jahreszeiten nur etwa 3 Wochen dauerten.

Aber begeben wir uns weiter in den Weltraum hinaus. Vor uns schwebt die **Venus**, als Abend- und Morgenstern wegen der Schönheit ihres Lichtes gefeiert seit alten Zeiten, jetzt als ein mächtiger Ball fast von der Größe unserer Erde erscheinend. Keine der planetarischen Welten gelangt in eine solche Nähe

zu unserer Erde als diese, die zu gewissen Zeiten sich bis auf 5 Millionen Meilen ihr nähert, freilich zu anderen auch wieder auf 35 Millionen Meilen von ihr entfernt. Keine dieser Welten dürfte darum auch die Erwartung einer Aufklärung ihrer Naturverhältnisse durch die beobachtende Wissenschaft in so hohem Grade erregen als sie. Venus zeigt Phasen ähnlich wie Merkur und genau aus demselben Grunde; eine gewisse Besonderheit, auf welche ich alsbald zurückkommen werde, findet bei der Venus nur insofern, wie sie der Erde sich näher als der Merkur bewegt, statt.

Es ist klar, daß Venus je nach der Stellung in ihrer Bahn und je nach dem Orte der Erde, eine sehr ungleiche Entfernung von dieser letzteren haben wird. Diese bedingt nun wiederum eine sehr verschiedene scheinbare Größe ihrer Scheibe im Fernrohre.

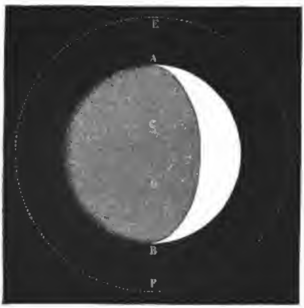


Scheinbare Größe der Venus in größter, mittlerer und kleinster Entfernung von der Erde.

Wie weit dieser Unterschied der scheinbaren Größe geht, zeigt vorstehende Figur; überhaupt ist Venus unter allen Planeten derjenige, welcher die größten Unterschiede in seinem scheinbaren Durchmesser darbietet. Die Phasen der Venus sind wegen ihrer größeren Nähe bei der Erde weit auffälliger als diejenigen des Merkur; sie wurden im Jahre 1610 von Galilei mit Hülfe des neu erfundenen Fernrohrs zum ersten Male gesehen und sofort als einer der wichtigsten und eklatantesten Beweise des Kopernikanischen Planetensystems erkannt. Da der Planet Venus selbst in seiner größten Erdnähe nur wenig über eine Bogenminute groß erscheint, so sind seine Phasen mit bloßem Auge nicht sichtbar. Dennoch wollen neuerdings einige Beobachter die Sichelgestalt der Venus deutlich mit unbewaffnetem Auge gesehen haben, was sich wol so erklärt, daß sie den Planeten in verlängerter Gestalt, statt von runder Form, erblickten.

Indeß gerade der Lichtglanz, den Sie bei der Beobachtung der Venus für so günstig zu halten geneigt sind, macht ihre Erforschung schwieriger und erfolgloser als die manches dunkleren und ferneren Planeten. Lange bevor ein anderer Stern an unserem lichten Abendhimmel sichtbar wird, erscheint sie in ihrem Glanze, und nur selten sind die Zeiten, in denen sie nicht am Morgen=

oder Abendhimmel leuchtet. Bis auf 48 Grade vermag sie sich von der Sonne zu entfernen und so dem Bereiche jedes Dämmerungsstrahles zu entziehen. Selbst in ihren schwächsten Lichtphasen, als zarte Sichel, sendet sie uns noch einen blendenden Glanz zu. Für die beste Sichtbarkeit der Venus hat sich die Zeit von etwa 35—38 Tagen vor oder nach ihrer unteren Konjunktion ergeben. Ihr scheinbarer Durchmesser, der in der unteren Konjunktion auf 66 Sekunden anwachsen kann, beträgt dann etwa 40 Sekunden, und die Breite des erleuchteten Theiles mißt sogar nur 10 Sekunden. In dieser Stellung ist also zwar nur der vierte Theil der Venusscheibe erleuchtet, aber die Erdnähe giebt dieser schmalen Sichel ein so intensives Licht, daß sie in Abwesenheit der Sonne selbst Schatten wirft. Diese günstigen Bedingungen der Sichtbarkeit, die natürlich nur für das unbewaffnete Auge gelten, müssen ungefähr alle 29 Monate wiederkehren, in welcher Zeit die Venus, von der Erde gesehen, ihren Umlauf um die Sonne vollendet. Die größte Sichtbarkeit der Venus tritt sogar nur nach je acht Jahren ein, da dies die Periode ist, nach welcher die Konjunktionen der Venus nahezu an denselben Stellen des Himmels wiederkehren. Zu diesem Zeitpunkte kann sogar die Venus am hellen Mittage sichtbar werden, und diese wunderbare Erscheinung hat zu allen Zeiten die Aufmerksamkeit der Völker erregt, zu Zeiten sogar, wo man glauben sollte, daß durch die großartigen Ereignisse der Menschengeschichte der Sinn für die Erscheinungen am Himmel abgestumpft gewesen wäre. So erzählt Arago, daß General Bonaparte, als er sich einst nach dem Palais Luxembourg begab, wo das Direktorium ihm ein Fest geben wollte, in lebhaftes Erstaunen darüber gerieth, daß die versammelte Volksmenge auf der Straße mehr Aufmerksamkeit einer Stelle des Himmels über dem Palaste, als seiner Person und seinem glänzenden Generalstabe zuwandte. Auf seine Nachfrage erfuhr er, daß man dort, obgleich es doch Mittag war, einen hellen Stern erblicke, den man für den Stern des Besiegers von Italien hielt, — eine Anspielung, setzt Arago hinzu, die dem gefeierten Feldherrn selbst nicht gleichgiltig schien. Dieser Stern war die Venus. Zu den merkwürdigsten Erscheinungen der Venus in ihrem größten Lichte gehört jene, von welcher Riccioli erzählt und wonach am 21. Februar 1587 der Planet in Italien als Abendstern so hell erschien, daß alle von ihm bestrahlten Gegenstände deutliche Schatten warfen.



Phase der Venus bei ihrer größten Sichtbarkeit.

Das glänzende Licht der Venus im Mai 1609 galt nachträglich bei dem unwissenden Volke und den ebenso unwissenden Machthabern Frankreichs als Vorbedeutung des Todes Heinrichs IV.

Am 5. Februar 1630 erschien die Venus so hell, daß sie in Tübingen um Mittag gesehen wurde.

Als am 1. November 1700 der Planet Venus zu Madrid am hellen Tage wahrgenommen wurde, glaubten Viele diese Erscheinung mit dem an diesem Tage erfolgenden Tode des Königs Karl II. in Verbindung bringen zu müssen.

Die Sichtbarkeit der Venus bei hellem Tage am 21. Juli 1761 ist deshalb bemerkenswerth, weil sie gleichzeitig von dem unwissenden Pöbel Londons und (nach Bruce's Bericht) von den Völkern Abessiniens als Wunder angestaunt wurde.

Bei dieser außerordentlichen Sichtbarkeit war die Venus allerdings seit alten Zeiten ein Gegenstand astronomischer Beobachtung; aber erst seitdem durch das Fernrohr die Möglichkeit gegeben war, sie auch in Zeiten geringeren Glanzes zu beobachten, ist man darin erfolgreich gewesen. Sind doch selbst die Lichtgestalten der Venus erst von Galilei im Jahre 1610 entdeckt worden! So weit also diese Schwierigkeiten der Beobachtung nicht ins Spiel kommen, ist auch die sicherste und zuverlässigste Kunde zu erwarten. Sie wissen, daß dies besonders von den Bahnverhältnissen gilt, also auch von ihrer Umlaufszeit um die Sonne, die genau 224 Tage 16 Stunden 49 Minuten 8 Sekunden beträgt, und der daraus abgeleiteten mittlern Entfernung von der Sonne, die zu ungefähr 14½ Millionen Meilen angegeben wird. Auch die wahre Größe des Planeten hat aus der Beobachtung seiner scheinbaren Größe, deren Durchmesser zwischen 9½ und 62 Sekunden schwankt und für einen mittleren, dem unserer Erde von der Sonne entsprechenden, Abstand 17,2 Sekunden beträgt, mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit abgeleitet werden können. Man schätzt diesen wirklichen Durchmesser auf 1650 Meilen. Ebenso ist die Dichtigkeit und Masse annähernd bestimmt worden, die erstere zu $^{16}/_{17}$, die letztere zu $^{17}/_{19}$ der irdischen.

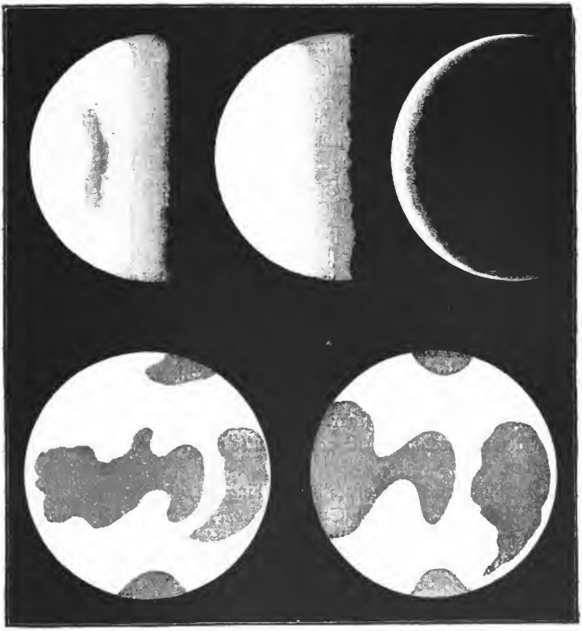
Die Unsicherheiten, die Zweifel, die Täuschungen beginnen wieder erst bei den Aufschlüssen über die physische Naturbeschaffenheit des Planeten. Schon in Betreff der Rotation der Venus machen sie sich in auffallendem Grade geltend. Sie wissen, daß der Nachweis für die Rotation eines Planeten nur zu führen ist, wenn es gelingt, physische Unebenheiten auf seiner Oberfläche zu entdecken, deren Ortsveränderungen man auf der Scheibe verfolgen kann. Der Erste, welcher wirkliche Flecken auf der Venusscheibe sah, war Fontana, doch wissen wir von diesen Beobachtungen wenig Zuverlässiges. Am 14. Oktober 1666 bemerkte Dominicus Cassini einige hellere Stellen auf der Planetenkugel, aber erst am 28. April 1667 gelang es ihm, deutliche Flecken wahrzunehmen. Er setzte seine Beobachtungen bis zum 6. Juni jenes Jahres fort, und schloß daraus, daß sich Venus ähnlich wie die Erde um ihre Axe drehe. Sein Sohn Jacob Cassini bestimmte die Dauer der Venusrotation auf 23 Stunden 15 Minuten.

Erst 60 Jahre später gelang es Bianchini, wiederum Flecken in der Nähe des inneren Randes der leuchtenden Venussichel zu sehen, aber das Resultat, welches er aus seinen Beobachtungen bezüglich der Rotationsdauer des Planeten ableitete, kontrastirte seltsam mit den Ergebnissen Cassini's. Bianchini fand die Umdrehungsdauer der Venus zu 24 Tagen. Dieses Ergebniß ist schon an sich wenig wahrscheinlich, da es kein Analogon unter den übrigen Planetenrotationen besitzt, auch fand es keineswegs den Beifall sämmtlicher Astronomen. Allein eine Entscheidung war schwer, denn sehr lange Zeit hindurch gelang es keinem Astronomen mehr, Flecken auf der Venusscheibe zu erkennen.

Selbst W. Herschel vermochte mittels seiner großen Spiegelteleskope nur einige Male einen matten Anflug einzelner Stellen der hellen Sichel zu erkennen und behauptete, daß diese dunklen Stellen lediglich auf Zustände der Atmosphäre der Venus zurückzuführen seien und vielleicht als Wolken betrachtet werden könnten. Nahe um dieselbe Zeit beobachtete auch H. Schröter in Lilienthal den Planeten Venus eifrig und anhaltend. Auch ihm gelang es nicht, Flecke auf dessen Oberfläche zu bemerken, aber er fand, daß, wenn Venus sichelförmig erscheint, die Sichel nicht die genaue Gestalt besitzt, welche sie haben müßte, wenn der Planet eine vollkommene Kugel wäre. Die unregelmäßige Gestalt der Hörner dieser Sichel machten es ihm wahrscheinlich, daß die Oberfläche des Planeten sehr gebirgig sei; ja er versuchte sogar, aus der periodischen Wiederkehr der Gestaltänderungen der Hörner die Dauer der Rotation abzuleiten und fand dafür, in naher Uebereinstimmung mit D. Cassini, 23 Stunden 21 Minuten 19 Sekunden. Zu verschiedenen Zeiten, am 28. Dezember 1789, am 21. Februar und 12. Mai 1790, am 16. und 19. Mai 1793, am 20. und 22. Dezember 1794 sah Schröter in der Nähe des südlichen Hornes der Venussichel einen isolirten hellen Punkt, deutlich von der schmalen Sichel durch einen dunklen Zwischenraum getrennt. Nach Analogie ähnlicher Erscheinungen bei unserem Monde, über welche ich Ihnen bereits früher das Nähere mitgetheilt habe, hielt Schröter jene Punkte für die Spitzen hoher Berge, welche zur Lichtgrenze emporragen, während ihr Fuß noch in nächtliches Dunkel gehüllt ist. Ich glaube, daß man dem Lilienthaler Beobachter hierhin vollkommen beistimmen kann, aber seine Versuche aus diesen Wahrnehmungen nach demselben Verfahren, das ich Ihnen früher beim Monde auseinander setzte, die Höhe jenes Berges zu berechnen, müssen doch als gewagt bezeichnet werden. In der That ergaben sich jene Höhen auch so beträchtlich, daß unsere Bergriesen des Himalaya dagegen arg zusammenschrumpfen. Was will auch der Gaurisankar neben Bergen von 33,000 und 16,000 M. Höhe bedeuten? Die neueren Astronomen haben dagegen aus ihren Untersuchungen keine Nothwendigkeit erkannt, der Venus höhere Berge zuzuschreiben, als unsere Erde besitzt.

Nicht minder interessant als diese Berge der Venus wird für Sie die Thatsache sein, daß es auch eine Atmosphäre der Venus giebt. Sie werden es begreiflich finden, daß man aus der genau bekannten Stellung der Venus zur Sonne und Erde zu jeder Zeit im Stande ist, auf das Genaueste ihre Lichtgestalt zu berechnen. Nichtsdestoweniger aber erblickt man die Venusscheibe in einem sehr matten Schimmer beträchtlich über die durch Rechnung bestimmte Grenze hinaus. Auch ist es einigen Astronomen aufgefallen, daß der äußere, der Sonne zugekehrte Theil der Venus stets in einem weit helleren Lichte erscheint, als der gegenüberliegende Rand, welcher die Grenzlinien zwischen Tag und Nacht, die Oerter der aufgehenden und untergehenden Sonne für die Venus bezeichnet. Man hat daher mit vollem Rechte diesen Lichtschimmer mit unserer Dämmerung verglichen und angenommen, daß die Sonnenstrahlen, wenn sie den Rand des Venuskörpers streifen, in einer Atmosphäre gebrochen werden und so Punkte beleuchten, über welche sie sonst hinweggegangen wären. Herschel glaubte sogar auf bedeutende Wolkenbildungen in dieser Atmosphäre schließen zu müssen

und auch Vogel und Lohse kommen zu dem Resultate, daß Venus von einer Atmosphäre umgeben ist, in der eine sehr dicke und dichte Schicht von Kondensationsprodukten schwebt. Das Spektrum der Venus ist vollkommen mit dem der Sonne übereinstimmend, was vielleicht daher rührt, daß die Sonnenstrahlen nur bis zu einer geringen Tiefe in die Atmosphäre dieses Planeten eindringen und größtentheils an der Wolkenschicht reflektirt werden.



Die Auszackungen der Venussichel, nach Schröter. Die Flecken ihrer beiden Halbkugeln, nach Bianchini.

Das Bild, das Sie bis hierher von den Naturverhältnissen der Venus erhalten haben, wird Sie in auffallender Weise an die irdische Heimat erinnern. Aehnliche Tage und Nächte, ähnliche Dämmerung, ähnliche Wolken, Berge und Thäler, warum nicht auch Länder und Meere hier wie dort! Nur die Jahreszeiten werden, wiewol die zu Grunde liegende Beobachtung höchst zweifelhaft ist, infolge einer außerordentlich starken Neigung der Axe gegen die Bahnebene des Planeten eine wesentliche Abweichung zeigen. Man giebt nämlich die Schiefe der Ekliptik für die Venus auf 72—75 Grade an und daraus würde man auf gewaltige klimatische Kontraste auf der Venusoberfläche schließen müssen,

auf eine Tropenzone, die unmittelbar von einer schmalen, eisigen Polarzone begrenzt würde. Jedenfalls gehört dieser Theil unseres Bildes noch in das Reich der Mythen.

Aber es giebt noch andere Beobachtungen, die, völlig unerklärt, auf ganz eigenthümliche Verhältnisse des Planeten hindeuten und die wir doch anstehen müssen, in das Bereich der Mythen zu verweisen. Die eine betrifft einen seltsamen aschfarbenen Schimmer, in welchem sich die dunkle Seite der Venus bisweilen selbst am hellen Tage zeigt, in Stellungen dieses Planeten, wo er doch nur zu einem Theile vom Sonnenlicht erhellt sein kann. Zu zweifeln ist an dem Thatsächlichen dieser Beobachtung nicht, denn sie ist seit 1739 mindestens 22mal von nicht wenigen glaubwürdigen Astronomen gemacht worden. Ich will die merkwürdigsten dieser Wahrnehmungen hier mittheilen. Wahrscheinlich ist Riccioli der Erste, welcher die Erscheinung wahrnahm, wenigstens beschreibt er etwas Aehnliches in seinem Buche Almagestum novum und meint, der graue Schein der Nachtseite wäre eine durch sein Fernrohr hervorgerufene optische Täuschung. Nach ihm findet sich die früheste Erwähnung des Phänomens bei William Derham, der 1735 zu Upminster starb. In den Kirch'schen Tagebüchern der ältern Berliner Sternwarte findet sich vom 7. Juni 1720 die Stelle: „Heute fand ich Venus in einer Gegend, wo der Himmel nicht sehr klar war. Der Planet war schmal, sein Durchmesser 65″ und es schien mir sehr, als ob ich seinen dunkeln Theil sähe, wiewol mir dies sehr unglaublich vorkommt."

Am 20. Oktober 1759 Mittags 12 Uhr 45 Minuten sah Andreas Mayer zu Greifswalde an einem sechsfüßigen Bird'schen Passageninstrumente dieselbe Erscheinung; neben der intensiv leuchtenden Sichel war der ganze übrige Theil der Planetenscheibe deutlich sichtbar. Im Frühlinge und Sommer 1796 sah Graf von Hahn mehrere Male die ganze dunkle Scheibe der Venus oder einen Theil derselben.

Am 24. Januar 1806 beobachtete Harding zu Göttingen die Venus mit einem zehnfüßigen Herschel'schen Spiegelteleskope. Er sah die ganze Kugel des Planeten und zwar den von der Sonne erleuchteten Theil in mattem, aschgraulichem Lichte, das sich von dem dunklen Himmelsgrunde deutlich abhob. Vom 28. Februar 1806 bemerkt derselbe Astronom:

„Bei noch nicht geendigter Dämmerung und klarer Luft sah ich mit dem erwähnten Teleskope die dunkele Venuskugel abermals unzweifelhaft gewiß. Diesmal erschien jedoch der hellere Theil nicht so sehr viel größer, als der dunkele, unstreitig deshalb, weil die Beobachtung am 24. Januar bei völliger Dunkelheit, die heutige aber bei noch nicht geendigter Dämmerung angestellt ward, und überdem die helle Venussichel jetzt schon viel schmäler war, als damals.

Sie zeigte sich diesmal in mattem, rothgraulichem Lichte, wie der Mond bei totalen Verdunkelungen. Uebrigens war die Erscheinung ungemein deutlich, und besonders der Rand der Planetenscheibe äußerst scharf begrenzt."

1806 den 1. März, da der vorige Beobachter noch während der Dämmerung die Venus beobachtete, und zwar nur mit dem fünffüßigen Reflektor, erblickte er sofort damit die Nachtseite derselben in voller Deutlichkeit und der zehnfüßige Reflektor bestätigte vollkommen diese Wahrnehmung. Noch nie sah

er dies so deutlich als jetzt; die Umrisse waren äußerst scharf begrenzt und zeichneten sich gegen die dunklere Bläue des Himmels so stark aus, daß auch der hinzugekommene Optikus Gotthard sie auf den ersten Blick erkannte.

1806 den 14. Februar, Abends 7 Uhr, erblickte Schröter in Lilienthal die Venus in einer Höhe von 10°, die Luft war in Gährung. Dessenungeachtet erschien sie aber mit 150maliger Vergrößerung unter voller Oeffnung des vorzüglichen 15füßigen Reflektors, in ihrer sichelförmigen Gestalt ungemein deutlich scharf und schön begrenzt, beide Hörner liefen fein regulär und spitzig ab.

„Ohne daß ich aber", sagt Schröter, „weiter an etwas dachte, fiel mir, nach so sehr vielen, in meinen aphroditographischen Fragmenten angeführten und zum Theil mit dem 27füßigen Reflektor unter 20zölliger Oeffnung geschehenen Beobachtungen der sichelförmigen Gestalten und atmosphärischen Dämmerung der Venus zum ersten Male die ganze, nicht von der Sonne erleuchtete übrige Kugel in ihrer nächtlichen Gestalt, in äußerst mattem dunkelm Lichte ins Gesicht. Täuschung war es indessen nicht, weil ich sie gegen das starke Licht der erleuchteten Tagesseite gerade eben so merklich kleiner als deren Umkreis erblickte, wie solches mit unbewaffnetem Auge bei dem sichelförmig erleuchteten Monde der Fall ist, und weil ich diese leicht erklärbare optische Täuschung nicht wegbringen konnte, ich mochte es mir vorstellen wie ich wollte."

Das sind die älteren Beobachtungen der merkwürdigen Erscheinung; ähnliche Wahrnehmungen sind aber auch in neuerer Zeit und zwar ziemlich häufig gemacht worden. Ich begnüge mich, Ihnen die Namen der Beobachter und die Zeit der Erscheinung mitzutheilen:

1822 Februar 10. Abends, J. W. Pastorff in Buchholz,
1825 Juni 8. Morgens, F. v. Gruithuisen in München,
1842 im Dezember, Guthrie in England,
1855 September 27. Mittags, G. A. Jahn in Leipzig,
1855 September 28. Mittags, G. A. Jahn in Leipzig,
1862 Januar 14., Berry in Liverpool,
1863 September 25—28. Mittags, C. Leeson Prince in Uckfield.
1865 April 20., R. Engelmann in Leipzig,
1868 Mai 23., Th. Petty in Dedington,
1870 Februar 5., R. Langdon in Silverton,
1870 Februar 22. Nachmittags, W. Noble in Leyton,
1870 Februar und März, J. Browning,
1871 August 9. Vormittags, N. Safarik.
1871 September 25. Mittags, A. Winnecke,
1871 November 6. Morgens, A. Winnecke.

Die Erscheinung ist besonders auch dadurch merkwürdig, daß sie zu gewissen Zeiten von einzelnen Beobachtern gesehen und von anderen an anderen Orten mit gleich guten Instrumenten vergebens gesucht wird. So sah Harding am 28. Februar 1806 das aschfarbige Licht sehr deutlich, während Schröter trotz aller Aufmerksamkeit keine Spur desselben wahrzunehmen vermochte. Uebrigens scheinen die zahlreichen Wahrnehmungen seit Mitte der fünfziger Jahre darauf

hinzudeuten, daß die ganze Erscheinung häufiger eintritt, als man bis dahin zu glauben geneigt war.

Wir haben in ähnlichem Lichte die dunkle Seite unseres Mondes in den ersten Tagen nach dem Neumonde schimmern sehen; aber hier war es der Widerschein des Erdenlichtes, welcher diesen Schein erklärte. Die meisten Astronomen, darunter Olbers und William Herschel, haben in einer eigenthümlichen Phosphorescenz des Venuskörpers eine Erklärung der Erscheinung gesucht; Andere, wie Mädler, haben angenommen, daß die ganze Atmosphäre des Planeten bisweilen der Schauplatz von Lichtentwickelungen sei, die sich am besten mit denen vergleichen lassen, welche die Nordlichter auf der Erde erzeugen, aber diese Erklärungen halten bei strenger Prüfung nicht Stand.

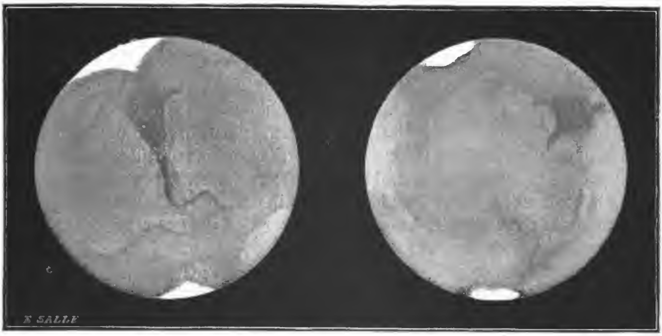
Dazu kommt eine zweite Erscheinung, die lange Zeit außerordentliches Aufsehen gemacht hat und durch Machtsprüche namentlich deutscher Astronomen mit Unrecht in das Dunkel der Mythe zurückgewiesen wurde. Am 28. August 1686 beobachtete Dominicus Cassini in der Nähe der Venus, etwa $^3/_5$ ihres Durchmessers von ihr entfernt, einen kleinen schwach schimmernden Stern, der eine Phase, ähnlich der des Planeten, zeigte und ungefähr ein Viertel seines Durchmessers maß. Schon vierzehn Jahre vorher hatte er eine ähnliche Beobachtung gemacht, aber dem Zeugniß seiner Augen damals nicht getraut. Um die Mitte des vorigen Jahrhunderts wurde nun diese auffallende Erscheinung, die man für einen Mond der Venus erklärte, von den geübtesten und scharfsichtigsten Beobachtern aufs Neue erkannt. Short, berühmt als Verfertiger von Spiegelteleskopen wie als Astronom, zwei französische Astronomen, Montaigne in Limoges und Montbarron in Auxerre, und zwei dänische Astronomen, Rödkier und Horrebow in Kopenhagen, machten unabhängig von einander und mit ganz verschiedenen Instrumenten dieselbe Beobachtung. Die Uebereinstimmung war so groß, daß Lambert aus ihren Angaben eine Bahnberechnung des Venusmondes herleiten konnte. Auch von den Wahrnehmungen dieser Erscheinung will ich Ihnen eine kurze, aber möglichst vollständige Zusammenstellung geben. Sie werden daraus ersehen, mit welchem Rechte eine oberflächliche Kritik diese Wahrnehmungen auf Täuschungen zurückführen durfte.

1645 November 15. Abends, von Franz Fontana in Neapel gesehen.
1672 Januar 25. von D. Cassini, als kleine Sichel beobachtet.
1686 August 16. von D. Cassini zu Paris gesehen.
1740 November 3. von Short zu London gesehen, an Gestalt der Venus gleich.
1759 Mai 20. von Andreas Mayer zu Greifswalde, als kleine Scheibe.
1761 Mai 3. 4. 7. 11. von Montaigne zu Limoges.
1764 März 3. 4. von Rötkier in Kopenhagen.
1764 „ 10. 11. von Horrebow in Kopenhagen.
1764 „ 15. 28. 29. von Montbarron in Auxerre.

Seit dem Jahre 1764 ist eine ähnliche Erscheinung bei der Venus nicht mehr beobachtet worden, aber berechtigt dies zu der Behauptung, alle angeführten Wahrnehmungen seien Täuschungen, Blendbilder, hervorgerufen durch den großen Glanz der Venus? Ich glaube wol kaum, daß man einem Fontana, Dominicus Cassini, Short ꝛc. solche grobe Täuschungen zumessen kann.

Jene alten Beobachter kannten ihre Fernrohre sehr gut, sonst hätten sie mit den unvollkommenen Instrumenten, deren sie sich bedienen mußten, nicht so zahlreiche und schwierige Entdeckungen gemacht, wie es in der That der Fall ist.

Wir haben aber gesehen, daß das aschgraue Licht der Venus für die Erklärung außerordentliche Schwierigkeiten darbietet. Wie nun, wenn man dieses Licht mit dem Venusmonde in Verbindung brächte und als von diesem hervorgerufen ansähe? Für eine solche Beziehung sprechen optische Gründe, die ich jedoch hier nicht entwickeln kann, die ich aber in meinem „Handbuch der allgemeinen Himmelsbeschreibung" auseinander gesetzt habe. Neuerdings hat Dr. Schorr den Venusmond zum Gegenstande einer speziellen Untersuchung gemacht. Er gelangt zu dem Ergebnisse, daß ein solcher Mond wirklich existirt, daß er aber aus Gründen, die wir gegenwärtig noch nicht kennen, nur selten sichtbar ist.



Ansichten vom Mars nach einem Zwischenraume von zwei Stunden, gezeichnet von Warren de la Rue.

Aus den Beobachtungen von 1686 bis 1761 findet er als mittleren Werth der Umlaufszeit dieses Mondes 12,1702 Tage. Aus gewissen Wahrnehmungen von dunkleren und helleren Flecken, die Schorr allerdings ziemlich gewagt auf jenen Mond bezieht, findet er dessen Umlaufszeit zu 12,1708 Tagen. Lambert versuchte früher aus den Beobachtungen von Montaigne die Bahn des fraglichen Venussatelliten zu berechnen und fand dafür

Umlaufszeit 11 Tage 5 Stunden,
mittlere Entfernung 66,5 Venushalbmesser,
Excentrizität 0,195,
Neigung 64°,
aufsteigende Knoten 149°.

Diese Ergebnisse sind sehr problematisch; die Zukunft wird hoffentlich eine sichere Entscheidung geben.

Einen letzten Gruß noch, ehe wir scheiden, der strahlenden Venus! Ein Denkzeichen einer der schönsten und glänzendsten Thaten der Wissenschaft steht sie da. Sie war es ja, die in ihren Durchgängen durch die Sonnenscheibe das

Mittel bot, den Abstand der Sonne von der Erde zu bestimmen und damit einen Maßstab zu gewinnen, mit dem jetzt der Astronom das ganze Weltgebäude durchmißt! Nun aber weiter hinaus in den dunklen Raum! Bald ist die weite Einöde durchflogen, und es taucht bereits der wohlbekannte Erdball aus der Nacht herauf. Vom Sonnenglanz umflossen schwebt er jetzt vor uns, und deutlich unterscheiden wir bereits Länder und Meere. Wol lockt uns die Sehnsucht nach den heimatlichen Fluren, aber vorwärts mahnt der Gedanke, in die ferne Fremde geht unser Flug. Hinter uns entschwindet die Erde. Schon ist sie in Nacht versunken und schimmert nur noch als ein Stern unter Sternen. Da taucht vor uns ein fremder, in wunderbar rothem Lichte glänzender Weltkörper auf. Hier lassen Sie uns Halt machen.

Mehr als 30 Millionen Meilen sind wir jetzt von der Sonne entfernt, und kaum noch halb so groß erscheint ihre Scheibe, als wir sie von der Erde her zu sehen gewohnt sind. Der rothe Weltkörper vor uns ist der Mars. Er bewegt sich in einer elliptischen Bahn um die Sonne, welche die Erdbahn umfaßt und ist der erste oder nächste der oberen Planeten, deren Sonnenumläufe die Bahn unserer Erde umschließen.

Ich sagte Ihnen einmal, daß es kein romantisches Gebiet sei, durch das der Weg uns Anfangs führen werde. Aber einen historischen Schauplatz haben Sie betreten, bedeckt mit den Trophäen, den Denksteinen unsterblicher Thaten des menschlichen Geistes. Je weiter wir vorschreiten, desto zahlreicher werden diese Denksteine uns entgegentreten, desto lebendiger werden sie sprechen von den Siegen, die hier errungen. Auch dieser Mars ist ein solcher Denkstein. An seinen Namen knüpft sich eine Entdeckung, die zu den herrlichsten aller Zeiten zählt. An ihm fand der unsterbliche Kepler jene Gesetze, durch welche der Wissenschaft gleichsam erst der Himmel erschlossen ward, da sie seine Ereignisse begreifen und durch Maß und Zahl beherrschen lehrten.

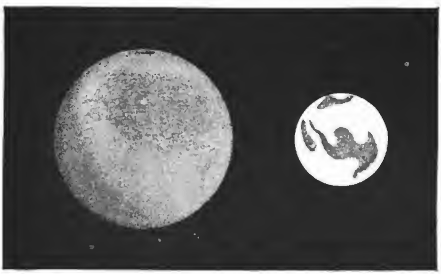
Aber nicht blos um seiner historischen Erinnerungen willen, sondern auch seiner interessanten Naturverhältnisse wegen verdient der Mars Ihre Beachtung. In einem Zeitraum von 1 Jahr 321 Tagen 17 Stunden 30 Minuten 41 Sekunden durchläuft er seine Bahn um die Sonne, in Abständen, die wegen der außerordentlich excentrischen Gestalt seiner Bahn zwischen 27 und 33 Mill. Meilen wechseln. Dem irdischen Beobachter erscheint er als ein auffallend rother Stern, in der günstigsten Stellung von erster Größe, aber in seinen weiteren Abständen bis zur dritten Größe herabsinkend. Der rothen Farbe erwähnen schon die ältesten Nachrichten. Die alten Griechen und die Hebräer nannten Mars den Feurigen, im Sanskrit wird er Rothkörper oder brennende Kohle genannt und in der Planetenverehrung der Sipasier unter dem Namen Bahram mit einer rothen Krone dargestellt. Hinsichtlich des Erscheinens seiner Gestalt zeigt auch dieser Planet Phasen, die aber niemals zu einer wirklichen Sichelgestalt anwachsen, ja niemals auch nur jene Gestalt überschreiten, welche der Mond uns drei Tage nach dem Vollmond darbietet. Der Durchmesser seiner Scheibe mißt zwischen 3,3 und 23 Sekunden, in einem mittleren Abstande, dem der Sonne von der Erde gleich, 9,5 Sekunden. Sein wirklicher Durchmesser berechnet sich daraus auf 900 Meilen. Er ist also einer der kleinsten unter den älteren Planeten, an Körperinhalt kaum ein Siebentel der Erde fassend.

Eine sichere Bestimmung seiner Masse erwartet man erst aus sorgfältigen Beobachtungen der Störungen, welche er im Laufe des de Vico'schen Kometen bewirkt; gegenwärtig schätzt man sie auf etwa $^2/_{15}$ der Erdmasse, seine Dichtigkeit auf $^7/_{10}$ der Erddichtigkeit.



Scheinbare Größen des Mars in größtem, mittlerem und kleinstem Abstande von der Erde.

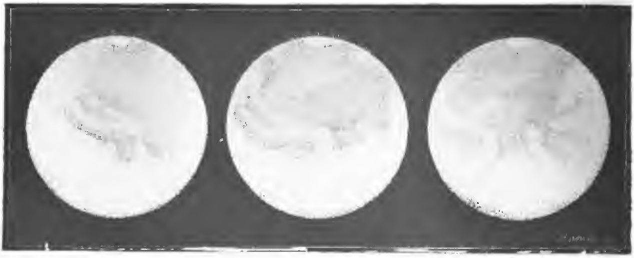
Ich sagte Ihnen, daß Sie merkwürdige Dinge vom Mars zu erfahren hätten. Schon die rothe Färbung deutet auf dergleichen hin. Sie ist dieselbe, in der der Planet bereits den alten Griechen und Indern vor zwei ja drei Jahrtausenden erschien, und muß darum wol in dauernden Naturverhältnissen ihren Grund haben. Aber vergeblich hat man sich in Erklärungen erschöpft. Die Einen haben an ein ockerhaltiges Erdreich, an rothen Sandsteinboden gedacht, von welchem das Sonnenlicht dort zurückstrahlen soll; Andere haben in einer röthlich gefärbten Vegetation, noch Andere in einer trüben Atmosphäre, wie sie bisweilen bei uns zur Zeit des Sonnenunterganges über alle Gegenstände einen röthlichen Schimmer verbreitet, eine Erklärung zu finden geglaubt. Letztere scheint, so weit man aus den spektroskopischen Wahrnehmungen Schlüsse ziehen darf, noch am wahrscheinlichsten zu sein.



Erde und Mars in ihrem wahren Größenverhältniß.

Eine andere Sonderbarkeit, welche diesen Planeten sogar in den Ruf einer gewissen Gesetzwidrigkeit gebracht hat, glaubte man bis in die neueste Zeit in seiner Gestalt zu erkennen. Man behauptete nämlich eine Abplattung des Mars beobachtet zu haben, wie sie im Widerspruch mit allen Gesetzen der Mechanik stehen würde. Herschel gab diese Abplattung zu $^1/_{16}$, Arago nach

seinen genauesten Messungen mindestens zu $1/_{30}$ an. Sie wissen, daß die Abplattung eines Weltkörpers sich nur als eine Folge seiner Rotation auffassen läßt, daß sie also zur Geschwindigkeit derselben in irgend einem Verhältniß stehen muß. Nun erfolgt aber die Rotation des Mars nach ganz unzweifelhaften Beobachtungen noch 41 Minuten 19 Sekunden langsamer als die Rotation der Erde, und doch sollte seine Abplattung mindestens zehnmal so groß als die der Erde sein! Gleichwol haben viele Astronomen jene Abplattung als unbestreitbare Thatsache festgehalten und sich sogar über die Entschiedenheit verwundert, mit welcher ein so großer Astronom wie Bessel in Königsberg das Vorhandensein einer Marsabplattung, die sich mit den besten unserer heutigen Instrumente messen lasse, bestritt. Sie können sich denken, in welchen Vermuthungen unsere Astronomen sich über die Ursache jener augenscheinlichen Ungesetzlichkeit ergingen.

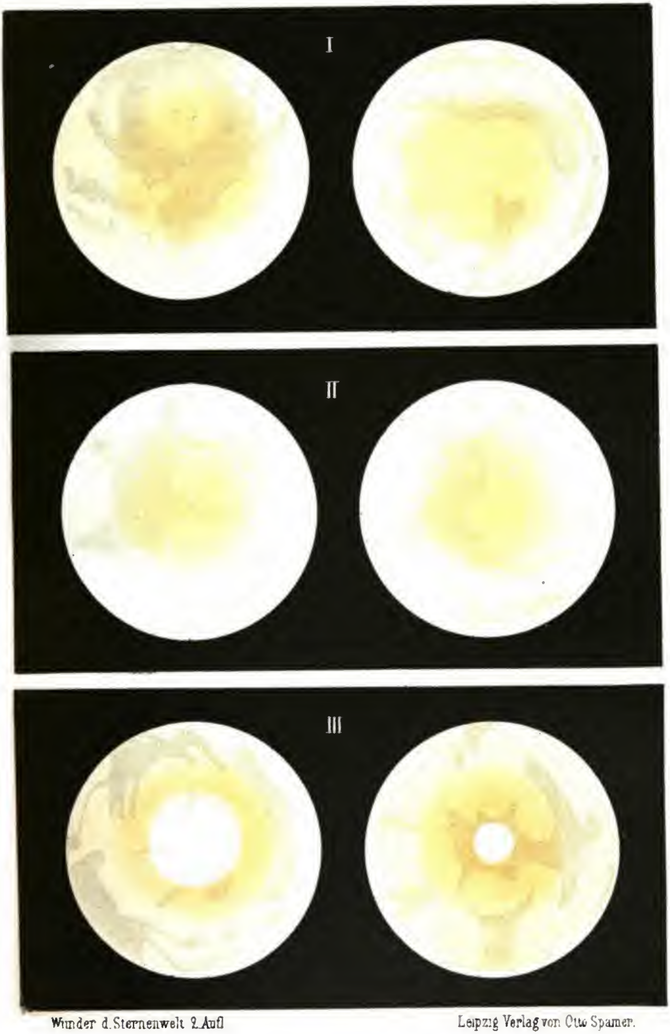


Bewegung der Marsflecken während der Rotation; nach Beobachtungen von Norman Lockyer zur Zeit der Marsopposition.

Die Einen wollten sie in jener Wirkung verschiedener, nach innen an Dichtigkeit zunehmender Schichten des Marskörpers sehen; Andere meinten, die flüssige Oberfläche des Mars müsse wol früher erhärtet sein, als er die seiner Rotationsgeschwindigkeit entsprechende Figur habe annehmen können; noch Andere suchten den Grund in lokalen Erhebungen, welche bei der verhältnißmäßigen Kleinheit des Mars einen bedeutenden Einfluß auf seine Gestalt gewonnen hätten. Allen diesen Vermuthungen dürfte durch die Bestätigung, welche die Bessel'sche Ansicht neuerdings durch die Untersuchungen von Oudemans gefunden hat, ein Ende gemacht und jeder Anlaß beseitigt sein, den Mars noch ferner als außerhalb des Gesetzes stehend zu betrachten. Die neuesten Messungen des Mars, welche Kaiser in Leiden angestellt, stehen ebenfalls in bester Uebereinstimmung mit denjenigen von Bessel, denn aus ihnen folgte blos eine Abplattung des Planeten von $\frac{1}{118}$, d. h. eine viel zu geringe, um verbürgt werden zu können.

Wenn man den Mars in gewissen Stellungen beobachtet, so scheint er sogar in der Richtung der Pole verlängert zu sein; dies rührt von der Phase her, welche für die Wahrnehmung von der Erde aus nicht ganz unmerklich ist.

Durch neuere Untersuchungen von Julius Schmidt in Athen ist die Rotation des Mars gegenwärtig bis auf Tausendstel einer Sekunde genau bekannt; diese Schärfe ist ermöglicht worden durch Zuziehung älterer Beobachtungen von



Wunder d. Sternenwelt 2. Aufl. Leipzig Verlag von Otto Spamer.

DIE BEIDEN HEMISPHÄREN DES MARS.

I. Nach Zeichnungen von Schmidt (links) und Mädler (rechts). II. Nach Zeichnungen von Secchi.
III. Nach Zeichnungen von Beer u. Mädler (äquatoriale Projektion).

Lith. u. Druck E. N. Strassberger, Leipzig

Huygens, welche bis ins Jahr 1672 hinaufreichen. Um Ihnen klar zu machen, wie solche alten Beobachtungen von höchster Wichtigkeit für die Ableitung der Rotationsdauer sein können, wollen wir annehmen, am 13. August Mittags mittl. Aerl. Zeit des Jahres 1672 habe Huygens einen dunklen Fleck des Mars mitten auf der Scheibe desselben gesehen und am 22. April 1856 Morgens 9 Uhr 36 Minuten mittl. Berl. Zeit habe man denselben Fleck wiederum auf der Mitte der scheinbaren Marsscheibe beobachtet. Aus anderweitigen Beobachtungen in kürzeren Zeitintervallen weiß man bereits, daß die Umdrehungszeit nahezu 24 Stunden 37 Minuten 22 Sekunden beträgt und ferner ist klar, daß zwischen der Beobachtung des Jahres 1672 und jener von 1856 nur eine ganze Anzahl von Rotationen abgelaufen sein kann. Man hat daher die Zahl der Tage, Stunden, Minuten und Sekunden zwischen diesen beiden Beobachtungen durch die Zahl von 24 Stunden 37 Minuten 22 Sekunden zu dividiren, um zu finden, wie viele Umdrehungen der Mars in jener Zwischenzeit gemacht hat. Geht die Division hiebei gerade auf, so ist natürlich die oben angenommene Umlaufszeit richtig. Führt man die Division wirklich aus, so erhält man 65395 als Anzahl der Rotationen, aber es bleibt noch ein Rest von 10 Stunden 54 Minuten. Um so viel sind also 65395 Rotationen des Mars länger als 24 Stunden 37 Minuten 22 Sekunden, das macht auf jede Umdrehung nur 0,6002 Sekunde und der wahre Werth der Umdrehungsdauer ist 24 Stunden 37 Minuten 22,6002 Sekunden. Nehmen wir nun an, die erste Beobachtung sei um eine volle Stunde fehlerhaft, sodaß der Fleck eine Stunde früher die Mitte der Scheibe passirt habe. Es würde dann bei obiger Division noch ein Rest von 11 Stunden 54 Minuten bleiben, dessen Division durch 65395 ergiebt: 0,655 Sekunden, also weniger als $\frac{55}{1000}$ Sekunde von dem obigen Werthe abweichend. Auf dem hier kurz bezeichneten Wege hat J. Schmidt gefunden, daß die Rotationsdauer des Mars 24 Stunden 37 Minuten 22,6027 Sekunden beträgt.

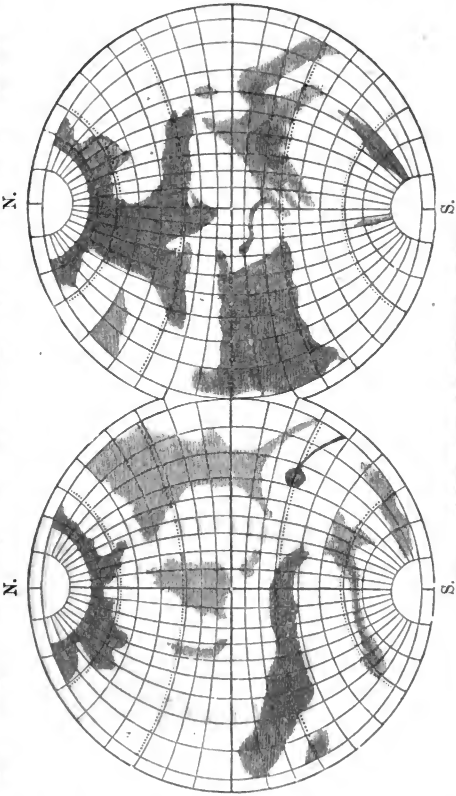
Kein Planet hat seine Naturverhältnisse dem Auge des Beobachters so offen dargelegt als der Mars. Wenn Sie sich noch an die Aufschlüsse erinnern, die wir von den Naturverhältnissen der Mondoberfläche erhielten, so waren es dort im Wesentlichen solche, die in den geognostischen Verhältnissen unserer Erde eine Vergleichung fanden. Hier sind es die meteorologischen Erscheinungen der Erde, an die Sie gemahnt werden. Daß der Mars allerdings auch Berge, Kontinente und Meere gleich unserer Erde besitzt, dafür bürgen die unveränderlichen dunklen Flecken, die man auf seiner Scheibe bereits seit mehr als 200 Jahren beobachtet hat. Sie wissen, daß man mit Hülfe dieser Flecken sowol die Axendrehung des Mars, als die Neigung seiner Axe gegen die Ebene seiner Bahn herleiten kann. Letztere beträgt nach Bessel's Untersuchungen 62° 44′, so daß die Ausweichung der Sonne für den Marsäquator nach Süden und Norden 27° 16′ erreicht. Als eine Folge dieser Axenstellung muß auf dem Mars ein Jahreszeitenwechsel bestehen, wie auf der Erde, und durch die große Excentrizität der Bahn wird der Gegensatz der Jahreszeiten noch schroffer gemacht. Es wird Ihnen bekannt sein, daß von dieser Bahngestalt das Verhältniß von Sommer und Winter bedingt ist. Während nun bei uns beide nahezu gleich sind, kommen für die nördliche

Halbkugel des Mars auf den Sommer 372, auf den Winter nur 296 $^1/_2$ Tage. Die Jahreszeiten der südlichen Halbkugel sind natürlich denen der nördlichen gerade entgegengesetzt; der Sommer ist hier die kürzere, aber was er an Dauer verliert, gewinnt er wieder an Sonnenwärme, da der Mars sich zur Zeit des südlichen Sommers in der größeren Nähe zur Sonne befindet. Während also die nördliche Hälfte lange, gemäßigte Sommer und kurze, milde Winter hat, sind die Sommer der Südhälfte kurz und heiß, die Winter lang und streng.

So interessant Ihnen auch diese aus bloßen kosmischen Verhältnissen gezogenen Schlüsse auf die Jahreszeiten eines so viele Millionen Meilen weit entfernten Weltkörpers erscheinen werden, so werden Sie doch meinen: es sind eben nur Schlüsse. Was werden Sie aber dazu sagen, daß man den Verlauf dieser Jahreszeiten auf dem Mars sogar direkt beobachten kann?

Der Mars hat eine Atmosphäre, das geht unwiderleglich schon aus der zuerst von Herschel gemachten Beobachtung gewisser beweglicher Streifen zwischen den unveränderlichen dunklen Flecken, noch mehr aber aus der übereinstimmend von allen Beobachtern festgestellten Thatsache hervor, daß jene dunklen Flecken stets an den ausnehmend stark erhellten Rändern des Planeten verschwinden. Sie werden zugeben, daß eine solche Atmosphäre so gut wie unsere irdische ihre Aufhellungen und Trübungen haben wird, und zwar nicht blos solche, die von zufälligen oder vorübergehenden Ursachen bedingt werden, sondern auch allgemeine und dauernde, wie sie der Charakter der Jahreszeiten mit sich führt. Nun haben in der That Beer und Mädler beobachtet, daß die beständigen Flecken des Mars bestimmter, gesonderter, intensiver zur Zeit ihres Sommers, formloser, bleicher, verwaschener zur Zeit ihres Winters erscheinen, daß also auch dort wie bei uns verschiedene Durchschnittsgrade der Atmosphäre die Jahreszeiten charakterisiren, ein reinerer, klarerer Himmel sich über den sommerlichen, ein trüberer, dumpferer über den winterlichen Fluren des Mars wölbt. Aber nicht blos die heiteren und trüben Tage des Mars, auch das drohende Anwachsen des Eises an seinen Polen kann der Astronom von seinem fernen Standpunkte auf der Erde wahrnehmen. Es zeigen sich nämlich an den beiden Polen des Mars zwei weiße Flecken, deren Glanz die ganze übrige Marsfläche um mehr als das Doppelte übertrifft. Diese Flecken wachsen und nehmen ab und zwar in unverkennbarem Zusammenhange mit den Jahreszeiten des Mars. Die größte Veränderlichkeit in seinen Umrissen zeigt der südliche Polarfleck, wie ja auch am Südpol die größten Extreme der Temperaturen statthaben. Zur Zeit der Nachtgleichen zeigen beide Flecken gleiche Ausdehnung; während des Winters reichen sie oft über 25 Grade vom Pol, im Sommer schmelzen sie auf 5—6 Grade zusammen. Wenn Herschel im Jahre 1781 den südlichen Flecken außerordentlich groß erblickte, so geschah dies nach einem 12 Monate langen, sonnenlosen Winter auf dieser Halbkugel; und wenn derselbe Flecken im Jahre 1783 sehr klein erschien, so war ein 8 Monate langer heißer Sommer auf dem Südpol des Mars vorhergegangen. Solche Uebereinstimmung zwischen der Ausdehnung jener weißen Flecken und dem Stande der Sonne gestattet wol, an ähnliche winterliche Niederschläge in der Atmosphäre des Mars zu denken, wie sie in unserer Atmosphäre alljährlich erfolgen und, durch die Wärmeverhältnisse unserer Pole

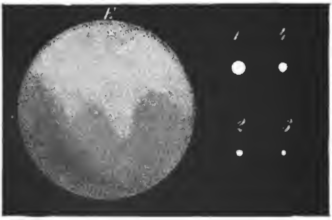
bedingt, sie bald in größeren, bald in kleineren Kreisen umlagern. Wenn aber solche Niederschläge dort stattfinden, dann muß es auch Wolken, Wind und Regen auf dem Mars geben, dann müssen auch Meere und Ströme seine Oberfläche bedecken. Die Erfindung der Spektralanalyse hat die Möglichkeit geboten, die Analogie zwischen Erde und Mars noch weiter auszudehnen. Es ergiebt sich nämlich nach dem Aussehen des Marsspektrums, daß die dortige Atmosphäre bezüglich ihrer Zusammensetzung nicht wesentlich von der unserigen abweichen kann, vor Allem, daß sie reich an Wasserdampf, also sehr feucht ist. — Letzteres wird auch durch die große Ausdehnung, welche die Polarflecke des Mars während ihres Winters erfahren, sehr nahe gelegt. Diese Ausdehnung beträgt für den südlichen Fleck bis zu 70°, d. h. sein südlicher Rand reicht bis zu 55° südl. Br. herab. Der Nordpolarfleck hat keine so große Ausdehnung, aber selbst in seinem Sommer erreicht er noch 84° nördl. Br. Vermöge der Axenstellung des Mars ist sein Südpol der Sonne am meisten zugewandt, wenn die Stärke der Erleuchtung (und Erwärmung) durch 0,52 der Erderleuchtung ausgedrückt werden kann; der Nordpol hingegen, wenn diese nur 0,37 beträgt. Diese bedeutende Ungleichheit wird zwar, wie Mädler hervorhebt, was das Jahr im Ganzen betrifft, vermöge des in den Wintern sich umkehrenden Verhältnisses völlig ausgeglichen, und selbst für die einzelnen Jahreszeiten findet eine theilweise Kompensation statt,



Weltkarte des Planeten Mars, nach Beer und Mädler.

da die Länge des Sommerhalbjahres der Nordhalbkugel zu dem der Südhalbkugel sich wie 19:15 verhält; allein für die Kulminationspunkte der Wärme und Kälte bleibt offenbar ein sehr bedeutender Unterschied übrig. Am Südpole sind demnach heißere Sommer und kältere Winter als am Nordpole, und diese Differenz ist viel beträchtlicher als die ähnliche auf unserer Erde, da die Excentrizität der Marsbahn fünfmal und die Neigung seiner Axe $1\frac{1}{4}$mal größer ist als bei der Erde. Ein Theil des beträchtlichen Unterschiedes in der Ausdehnung des südlichen Polarfleckes ist vielleicht auch dem Umstande zuzuschreiben, daß auf dem Mars die Südhalbkugel nicht vorwiegend ozeanisch ist, wie wir es auf unserer Erde finden. Wäre dies der Fall, so würde die Eiszone vielleicht eine noch größere Ausdehnung besitzen, ihre Grenzen würden aber keineswegs so ungemein großen Veränderungen unterliegen, wie dies jetzt der Fall ist. Ob die Centra der weißen Flecken auch den Marspolen entsprechen oder nicht, ist gegenwärtig noch nicht definitiv ausgemacht; gewisse Beobachtungen machen es wahrscheinlich, daß sie nur in der Nähe der Umdrehungspole sich befinden, also wahre Kältepole darstellen. Da haben Sie ein Bild von den Naturverhältnissen des Mars, wie Sie es sich nicht irdischer denken können!

Aber zum letzten Male treten uns in der Ferne des Weltraumes solche Erinnerungen an die irdische Heimat entgegen. Je weiter wir vordringen, um so fremder werden die Verhältnisse. Ein weiter, dunkler Raum, lange für eine öde Wüste gehalten und auch jetzt nur durch die Wissenschaft mit einer Schar seltsam kleiner Weltkörper bevölkert, trennt uns noch von einem Reiche wunderbarer, gewaltiger Gestalten, für welche der irdische Maßstab nicht mehr ausreicht. Diese weite, 74 Millionen Meilen umfassende Kluft, welche die erdeverwandten, sonnennahen Planeten von den fernen Riesenwelten unseres Systems scheidet, ist das Ziel unseres nächsten Ausfluges.



Die Erde im Größenverhältniß zu den ersten vier Planetoiden.



Fünftes Kapitel.

Die Planetoiden.

So im Kleinen ewig wie im Großen
Wirkt Natur, wirkt Menschengeist, und beide
Sind ein Abglanz jenes Urlichts droben,
Das unsichtbar alle Welt erleuchtet.

Die Geschichte des Weltraumes zwischen dem eben verlassenen Mars und dem noch 74 Millionen Meilen fern von uns schwebenden Jupiter ist eine der anziehendsten Episoden in der Geschichte der Wissenschaft, und nirgends tritt so deutlich die Bereitwilligkeit hervor, mit welcher der Zufall seine Hand bietet, sobald die Hülfsmittel der Beobachtung und die theoretische Kenntniß der Gesetze gemeinsam in ein gewisses Stadium ihrer Entwickelung getreten sind.

Allen wichtigen Wendepunkten in der Geschichte der Wissenschaft pflegt ein allgemeines, ahnungsvolles Drängen auf ein nahes, wenn gleich oft kaum erreichbar scheinendes Ziel voranzugehen. Jenes dunkle philosophische Vorgefühl der Alten von dem Dasein zahlreicher ungesehener Planeten im Himmelsraume war seit Kepler zu einer bewußten, auf kosmische, freilich noch nicht wissenschaftlich zu begründende Verhältnisse gestützten Vermuthung geworden. Seit man die Abstände der Planeten von einander genauer kennen gelernt hatte, mußte auch die große Lücke zwischen Mars und Jupiter immer auffälliger erscheinen. Ein mystisches Zahlenspiel war es zwar zunächst, worin jene Ahnung ihren Ausdruck fand. Die Sphärenharmonie der Alten war noch nicht ganz verklungen, und der bezaubernde Sang der Sirenen, denen Plato einst ihren Sitz auf den Planetensphären angewiesen hatte, hallte selbst noch in den Ohren eines Kepler wieder. Es waren Analogien der Tonverhältnisse mit den Abständen der Planeten, auf welche der berühmte Entdecker der Gesetze der

Himmelsbewegungen die kühne Vermuthung der Existenz eines noch ungesehenen Planeten in der großen planetenlosen Kluft zwischen Mars und Jupiter gründete. Die wissenschaftliche Weltanschauung entkleidete sich im Laufe der Jahrhunderte ihres poetischen Schmuckes, und um die Mitte des 18. Jahrhunderts begegnet uns nur noch ein nüchternes Zahlenspiel. Der Wittenberger Astronom Titius machte um diese Zeit den Versuch, die Abstände der Planeten auf eine Zahlenreihe zurückzuführen. Wenn man den Abstand des äußersten Planeten Saturn von der Sonne in 100 Theile eintheilt, sagte er, so kommen vier solche Theile auf den Abstand des Merkur, $4+3=7$ derselben auf den Abstand der Venus, $4+6=10$ auf den der Erde, $4+12=16$ auf den des Mars. Dann aber tritt eine Lücke in diese Reihe ein, die durch Verdoppelung der Unterschiede fortschreitet. Erst Jupiter und Saturn entsprechen wieder weiteren Gliedern derselben. Jene Lücke, welcher die Zahl 28 für den Abstand von der Sonne entsprechen sollte, glaubte nun Titius mit den unbekannten Trabanten des Mars oder des Jupiter ausgefüllt. Auch andere Astronomen begannen sich mit solchen Reihen zu beschäftigen, und vor allen Bode am Ende des Jahrhunderts, nach dem sogar diese Reihe, die nicht einmal den einfachsten Bedingungen einer arithmetischen Reihe genügt, den Namen des Bode'schen Gesetzes erhielt.

Gleichwol schien jenes Zahlenspiel durch Herschel's Entdeckung eines neuen Planeten an den Grenzen unseres Systems eine gewisse Bestätigung zu erhalten; denn auch der Uranus paßte in die Reihe. Die Erwartung, nun jene Lücke zwischen Mars und Jupiter durch eine ähnliche Entdeckung ausgefüllt zu sehen, ward immer lebhafter, und wenn auch die Philosophen der damaligen Zeit, selbst der große Philosoph von Königsberg, sich schnell jeder Sorge durch den Gedanken zu entledigen wußten, daß der vermuthete Planet von der gewaltigen Masse des Jupiter aufgezehrt sei, so glaubten die Astronomen bescheiden seine Abwesenheit aus den Mängeln der bisherigen Beobachtung zu erklären. Für die Astronomen galt es also Versäumtes nachzuholen, und dazu rüstete man sich in der That mit einem bewundernswürdigen Eifer. Am 21. September des Jahres 1800 trat sogar eine Gesellschaft von Astronomen zu dem Zwecke einer systematischen Aufsuchung des zwischen Mars und Jupiter vermutheten Planeten zusammen. Vierundzwanzig über ganz Europa zerstreute Astronomen sollten sich nach diesem Plane in den Thierkreis theilen, jeder eine genaue Himmelskarte seines Departements bis zu den kleinsten teleskopischen Sternen entwerfen und durch wiederholte Revision am Himmel sich des unverrückten Zustandes seines Distriktes oder jedes wandernden fremden Gastes versichern. Durch eine solche streng organisirte, in 24 Departements abgetheilte Himmelspolizei hoffte man endlich dem so lange menschlichen Blicken verborgenen Planeten, wenn er anders existire, auf die Spur zu kommen. Ehe aber noch diese Gesellschaft ihre Thätigkeit recht entfalten konnte, kam ihr der Zufall zuvor.

Es war am ersten Tage des 19. Jahrhunderts, am 1. Januar 1801, als dem Astronomen Piazzi in Palermo, der sich bereits seit neun Jahren mit der Aufstellung seines berühmten Sternverzeichnisses beschäftigte, beim Aufsuchen eines kleinen Sternes im Stier der Zufall jenen lange gesuchten Stern in das Feld seines Fernrohres führte. Ohne eine Ahnung von der Bedeutung seiner

Beobachtung zu haben, notirte er nur die Stellung dieses Sternes, der etwa achte Größe zeigte. Auch als er am andern Abende nach seiner Gewohnheit, jede Bestimmung zu wiederholen, den Stern aufs Neue beobachtete und eine auffallende Abweichung von der ersten Beobachtung erkannte, glaubte er die Ursache nur in Fehlern seiner Notirung sehen zu dürfen. Als sich aber diese Ortsveränderung in den folgenden Tagen wiederholte und zwar mit unverkennbarer Regelmäßigkeit, da konnte er sich nicht mehr die freudige Gewißheit verbergen, daß er die Entdeckung eines wirklichen Wandelsternes gemacht habe. Nur darüber durfte er noch im Zweifel bleiben, ob er es mit einem eigentlichen Planeten oder mit einem eigenthümlichen schweiflosen Kometen zu thun habe. Es war, wie die Folge lehrte, in der That ein Planet, der noch heute den Namen führt, den ihm der Entdecker gab; es war die Ceres.

Leider versäumte Piazzi, in dem Verlangen, mit der Ehre der Entdeckung auch die Ehre der ersten Berechnung zu vereinigen, die sofortige Veröffentlichung seiner Entdeckung. Erst am 24. Februar gab er Bode eine Nachricht. Aber ehe bei der Langsamkeit des damaligen Verkehrs, der zumal durch die Napoleonischen Kriegswirren noch erschwert wurde, diese Nachricht nach Deutschland gelangte, waren drei Monate vergangen, und die Ceres hatte sich längst wieder in den Sonnenstrahlen verborgen. Ihr Wiederauffinden schien abermals dem Zufalle anheimgegeben, und das war eine trostlose Aussicht. Aber es scheint, als ob damals sich Alles vereinigen sollte, die unbekannten Welten ihrer langen Verborgenheit zu entreißen.

Sie müssen sich die Gefahr, in welcher diese neue Entdeckung schwebte, in ihrer ganzen Größe vorstellen. Die Lehre von der Bahnbestimmung der Himmelskörper lag damals noch sehr im Argen. Durch die unsterblichen Thaten eines Kepler und Newton war man allerdings in den Stand gesetzt, die Bahnen der Planeten mit großer Genauigkeit zu berechnen, aber nur mit Hülfe der bekannten Umlaufszeiten. Wenn ein Weltkörper sich nur auf kurzen Bahnstrecken der Beobachtung zugänglich erwies, wie die Kometen, sah man sich gezwungen, die wahre elliptische Bahnform durch eine parabolische zu ersetzen und so ins Unbestimmte, Unendliche hin auszudehnen, um wenigstens für den kurzen Lauf in der Nähe der Sonne genügende Bestimmungen zu erlangen. Wenn der berühmte Halley'sche Komet des Jahres 1759 eine Ausnahme zu machen scheint, so gelang die Berechnung seiner elliptischen Bahn doch auch nur dadurch, daß man auf frühere Erscheinungen desselben Kometen zurückging, also eine bekannte Umlaufszeit zu Grunde legte. Auch bei dem neuentdeckten Planeten Herschel's, dem Uranus, waren die Schwierigkeiten nicht bedeutend, theils wegen der nahezu kreisförmigen Gestalt seiner Bahn, theils weil seine Lichtstärke und die Langsamkeit seiner Bewegung sein Wiederauffinden wesentlich erleichterten. Ganz anders gestaltete sich die Lage für die Entdeckung Piazzi's. Hier war ein Himmelskörper nach nur wenigen Tagen der Beobachtung verloren gegangen. Hier also trat in unerbittlicher Strenge die Forderung an die Astronomen des 19. Jahrhunderts, die Lösung des großen Problems zu vollbringen: die geschlossene Bahn eines Weltkörpers zu bestimmen aus Beobachtungen, die nur wenige Tage umfassen. Gelang diese Lösung nicht — und die größten Astronomen bezweifelten

sie — so war der eben gewonnene Fund vielleicht unwiederbringlich verloren. Da war es einer der größten Geister aller Jahrhunderte, der kaum 24jährige Gauß, welcher die junge Ceres ihrem Schicksale entriß, indem er die Lösung jenes für unlösbar gehaltenen Problems vollzog. Ich darf diese Gelegenheit nicht vorübergehen lassen, ohne mit einigen Worten der Lebensverhältnisse dieses größten mathematischen Genius, den je die Erde trug, hier zu gedenken. Karl Friedrich Gauß ward geboren am 30. April 1777, als der Sohn eines armen Bäckers. Schon in früher Jugend gab er glänzende Proben seines erstaunlichen Scharfsinnes in Lösung mathematischer Probleme. In den Jahren 1792 bis 1795 besuchte er das Collegium Carolinum in Braunschweig und studirte dann von 1795 bis 1798 auf der Universität Göttingen. Als er von der Entdeckung Piazzi's hörte und von der Verzweiflung aller Astronomen und Mathematiker, die Bahn des neuen Planeten zu bestimmen, widmete er dem Probleme seine Aufmerksamkeit und gab die Lösung der Aufgabe in einer solchen Weise, daß selbst bis heute keine wesentliche Vervollkommnung derselben möglich erscheint. Gauß berechnete nach seinen Formeln die Bahn und den scheinbaren Ort der Ceres und veröffentlichte seine Untersuchungen. Aber die Astronomen hatten so wenig Vertrauen zu der Arbeit des jungen, unbekannten Mannes, daß sie dieselbe nicht einmal genauer ansahen. Nur Olbers in Bremen, seines Standes Arzt, aber einer der tüchtigsten damaligen Himmelsforscher, prüfte die Untersuchung von Gauß genauer und überzeugte sich von ihrer großen Bedeutung. Er legte sie seinen Nachforschungen zum Grunde und fand in der That am 1. Januar 1802 die Ceres sehr nahe an dem Orte, welchen die Formeln von Gauß ihr anwiesen. Das war der größte Triumph für den Mathematiker und die Wissenschaft, und von besonderer Bedeutung deshalb, weil es in der Folge nicht bei einem Planeten zwischen Mars und Jupiter blieb, sondern eine ganze Schar derselben aufgefunden wurde, deren Bahnen sich gegenseitig durchkreuzen. Es konnte nicht fehlen, daß für Gauß selbst die Anerkennung der wissenschaftlichen Welt nicht ausblieb. Im Jahre 1807 wurde er ordentlicher Professor der Mathematik und Direktor der Sternwarte in Göttingen, und fuhr unermüdlich fort, die Wissenschaft mit den wichtigsten Lehrsätzen und Untersuchungen zu bereichern. Welchem Gebiete er sich auch zuwandte, allenthalben eröffnete sein großer Geist neue, auf Anwendung der Mathematik basirende Bahnen. So trat z. B. die Theorie des Erdmagnetismus sofort in ein ganz neues Stadium der Entwicklung, als Gauß sich damit zu beschäftigen begann. Von besonderer Wichtigkeit für die Astronomie ist noch seine „Methode der kleinsten Quadrate", durch welche es möglich wird, aus einem Komplex von Beobachtungen die wahrscheinlichsten Werthe abzuleiten. Hoch betagt starb der deutsche Newton am 23. Februar 1855, von der Mit- und Nachwelt staunend als der erste Mathematiker aller Zeiten bewundert.

Wenden wir uns wieder den kleinen Planeten, der Entdeckung Piazzi's und der Wiederauffindung der Ceres durch Olbers zu.

Wenige Monate nach dieser glücklichen That führte der Zufall den Bremer Astronomen Olbers zu einer neuen Entdeckung. Als er am 28. März 1802 die Ceres beobachtete, bemerkte er ganz in ihrer Nähe einen kleinen Stern, der nach

seiner genauen Kenntniß dieses Theils des Himmels noch nie zuvor dort gestanden haben konnte. Fortgesetzte Beobachtungen erwiesen bald die Beweglichkeit dieses Gestirns. Es war ein Glück, daß die Ceres damals bereits wiedergefunden war, sonst hätte die Verwirrung noch dadurch gesteigert werden können, daß man diesen zweiten Planeten, zumal bei der auffallenden Aehnlichkeit der Bewegungen, für eine Wiedererscheinung des ersteren gehalten hätte. Dabei lag zugleich etwas so Ueberraschendes und so ganz allen damaligen Vorstellungen von der Weltordnung Widersprechendes in dem Gedanken, daß man in jener Lücke zwischen Mars und Jupiter nun statt eines Planeten zwei oder wol gar mehrere neben und mit einander kreisende erblicken sollte, daß selbst Zach den neu entdeckten Fremdling nur unter dem Namen eines Kometen zu verkünden wagte, und daß Herschel ihm wie der Ceres nur die Benennung von Asteroiden zugestehen wollte. Man hat damals dem großen Astronomen den ungerechten Vorwurf gemacht, er habe den ersten Entdeckern dieser Weltkörper eine Ehre nicht gegönnt, die ihm, dem Entdecker des Uranus, sie an die Seite gestellt hätte. Aber Herschel war in der That so von den sonderbarsten Vorstellungen über das Wesen dieser neuen Gestirne erfüllt, die er für ein Mittelding zwischen Planeten und Kometen gehalten wissen wollte, daß er dadurch sogar die Schönheit und den Schmuck unseres Systems noch mehr erhöht meinte, als es selbst durch Entdeckung eines neuen Planeten hätte geschehen können. Die Berechnungen des scharfsinnigen Gauß erwiesen bald die wahre Planetennatur des neuen Gestirns, dem man den Namen Pallas gab.

Der seltsame Umstand, daß zwei Planeten nahe in derselben mittleren Entfernung ihre Bahnen um die Sonne durchlaufen, die Kleinheit dieser Körper, die nur mit Teleskopen gesehen werden konnten, die eigenthümliche Lage ihrer Bahnen, die an einer Stelle einander fast begegnen, das Alles leitete Olbers auf den sinnreichen Gedanken, daß man hier vielleicht nur die Bruchstücke eines größeren, durch irgend eine unbekannte Katastrophe zertrümmerten Planeten vor sich habe. Es lag also die Vermuthung nahe, daß noch andere solche Bruchstücke durch ein aufmerksames und zweckmäßig geordnetes Suchen am Himmel gefunden werden möchten. Es war aber auch ferner nothwendig, wenn die Olbers'sche Ansicht die richtige war, daß die Bahnen aller dieser Planetenbruchstücke sehr nahe in denjenigen Punkten des Raumes zusammentreffen mußten, wo die Katastrophe des ursprünglichen Planeten stattgefunden hatte. Für Ceres und Pallas waren es die Sternbilder des Walfisches und der Jungfrau, in welchen eine solche Annäherung stattfand, und diese Sternbilder mußten es also auch sein, auf welche die fernere Aufmerksamkeit der Planetensucher sich zu richten hatte.

Jedenfalls war es jetzt nicht mehr ein bloßer Zufall zu nennen, wenn Harding in Lilienthal bei der Vergleichung seiner zu diesem Zwecke angefertigten Himmelskarten mit dem Himmel selbst am 1. September 1804 in den Fischen einen Stern siebenter bis achter Größe auffand, den er bald als einen neuen Planeten, den dritten in der Gruppe zwischen Mars und Jupiter erkannte. Es schien zugleich, als ob die Olbers'sche Hypothese durch diese Entdeckung eine gewisse Bestätigung erhalten sollte, da die Berechnung zeigte, daß auch die Bahn dieses Planeten, der den Namen Juno erhielt, die Ebene der Ceresbahn nicht

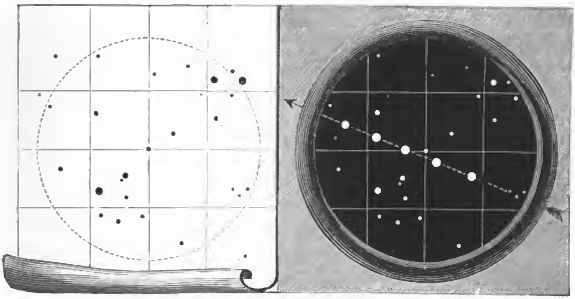
weit von dem Orte kreuzte, an welchem auch die Pallasbahn der Bahn der Ceres sich näherte. Aber eine neue scheinbare Bestätigung ward dieser Hypothese durch Olbers selbst. Am 29. März 1807 entdeckte er in dem Sternbilde der Jungfrau, also an einer der beiden Stellen des Himmels, die er selbst der Nachforschung empfohlen hatte, den vierten Planeten in dieser Reihe, die Vesta.

Ich möchte Sie aber keineswegs zu dem irrigen Glauben verleiten, als ob Vermuthungen in der Wissenschaft stets von solchen glücklichen Erfolgen gekrönt wären. Die Hemmnisse und Nachtheile, die sie der Forschung bereiten, sind weit häufiger und weit bedeutender. Auch hier blieben sie nicht aus. Es ist klar, daß durch jene Ansicht, alle noch zu entdeckenden Himmelskörper jener Gruppe müßten einmal in ihrem Laufe um die Sonne die Sternbilder der Jungfrau und des Walfisches passiren, der Nachforschung gewisse Schranken gezogen und damit die Aussichten auf Erfolg nothwendig verringert werden mußten. Nachdem daher Olbers und Harding Jahre lang den Himmel auf das Sorgfältigste durchsucht hatten, ohne neue Planeten zu finden, begann man sich allmählich an den Gedanken zu gewöhnen, daß die Zahl dieser Welten nun abgeschlossen sei.

Der lange Zeitraum der Ruhe, welcher jetzt eintrat, wurde durch ein Unternehmen ausgefüllt, das wesentlich dazu beitrug, eine neue Epoche der Entdeckungen herbeizuführen. Es war die Ausführung genauer Sternkarten, welche die ganze Aequatorialzone des Himmels in einer Breite von 30 Graden und alle Sterne von erster bis neunter Größe umfassen sollten. Bessel in Königsberg hatte sie angeregt, die Akademie der Wissenschaften in Berlin übernahm die Herausgabe. Diese Karten gelangten auch in die Hände von Dilettanten und gewährten in Verbindung mit der gleichzeitigen Verbreitung guter Fernröhre auch diesen einen Antheil an der astronomischen Forschung. Sie gestatteten bei der Treue des Bildes, das sie von dem betreffenden Theile des Himmels gaben, durch öfteres Vergleichen mit dem wirklichen Himmel jede Veränderung leicht zu ermitteln. Jedenfalls hat die damals schon beginnende Verbreitung der astronomischen Wissenschaft in die verschiedensten Kreise des Volkes, ihr schon durch die vorangegangenen großen Entdeckungen bedingtes Heraustreten aus der Enge der Studirzimmer, einen wesentlichen Antheil an der reichen Entdeckungsepoche gehabt, die mit dem Jahre 1845 ihren Anfang nahm und noch nicht geschlossen ist. Gerade für Dilettanten hatte es etwas besonders Lockendes, auf eine verhältmäßig leichte Art sich einen bleibenden Namen in der Wissenschaft zu erwerben. Es bedarf nämlich dazu nur einer genauen Vergleichung des Himmels im Fernrohre mit der nebenliegenden Karte. Die nachstehende Figur macht Ihnen das Prinzip bei Aufsuchung eines neuen Planeten deutlich. Sie sehen rechts den Raum des Himmels, auf welchen das Fernrohr gerichtet ist, kreisförmig abgegrenzt durch das Gesichtsfeld des Instruments. Links liegt die aufgeschlagene Karte, und zu größerer Verdeutlichung ist das Gesichtsfeld des Fernrohres durch einen punktirten Kreis bezeichnet. Der Stern, dessen scheinbarer Lauf rechts durch den Pfeil angedeutet ist, findet sich nicht in der Karte, welche nur die feststehenden oder Fixsterne enthält: er muß also ein Planet sein.

Einem Dilettanten war es denn auch vorbehalten, die Reihe der Entdeckungen zu eröffnen. Dem ehemaligen Posthalter Hencke in Driesen glückte es

am 8. Dezember 1845, den fünften dieser Reihe, die Asträa zu entdecken. Hencke war geboren am 8. April 1793 zu Driesen in der Neumark, wo sein Vater die Stelle eines Stadtkämmerers bekleidete. Als freiwilliger Jäger machte er die Freiheitskriege mit, wobei er in der Schlacht bei Lützen verwundet wurde, war dann an einigen Orten Postbeamter und wurde zuletzt mit einer kleinen Pension auf seinen Wunsch aus dem Staatsdienste entlassen. Seine Mußestunden widmete er der Musik so wie der Himmelskunde und beschäftigte sich seit dem Jahre 1825 mit Herstellung von Himmelskarten im Maßstabe einer Kugel von 14 Fuß (etwa 4 1/2 Meter Durchmesser. Ein Fraunhofer'sches Fernrohr von 32 (7 Centimeter) Linien Oeffnung war das einzige Instrument, das ihm zu Gebote stand. Sein Bestreben war, alle in diesem Fernrohre sichtbaren Sterne in seine Karten einzutragen. Wie mühsam diese Arbeit sein mußte, läßt sich ermessen, wenn man erwägt, daß das Observatorium dieses Beobachters auf dem Speicher seines kleinen Wohnhauses sich befand.

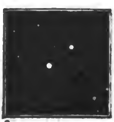


Ekliptische Karte zum Zwecke der Auffindung kleiner Planeten.

In einer Höhe von 1 1/2 Meter waren an der südlichen Dachseite einige Dachziegel so befestigt, daß sie leicht herausgenommen werden konnten; an einer so frei werdenden Latte wurde eine Nuß angeschraubt, welche eine hölzerne Rinne trug, und in diese wurde das Fernrohr gelegt und mit Bindfaden befestigt. Auf einem nebenstehenden Tische breitete Hencke gewöhnlich seine Karte aus und begann in diese jeden Stern einzutragen, den er in seinem Fernrohre sah. Die spätere Vergleichung der auf solche Weise durchmusterten Himmelsgegend zeigte dann, ob sich unter den eingetragenen Sternen solche befanden, die ihren Ort am Himmel veränderten. So fand Hencke die Asträa, so auch später die Hebe. Der von ihm eingeschlagene Weg wird noch heute von allen Planetoidensuchern verfolgt, wie ich Ihnen bereits oben näher auseinander setzte. Ein seltsamer Wettstreit begann jetzt. Astronomen und Dilettanten aller Nationen beeiferten sich, unsere Weltordnung mit neuen Bürgern zu bevölkern. Die Fülle der sich nun drängenden Entdeckungen war also keineswegs mehr ein bloßes Werk des Zufalls, sondern wesentlich eine Folge glücklicher und fleißiger Benutzung der vorhandenen Sternkarten.

Sie müssen sich aber auch die Arbeit, die jetzt noch erforderlich war, keineswegs gering vorstellen. Die kleinen Planeten, die man entdecken wollte, besitzen meist nur das Licht von Sternen neunter bis elfter Größe. Die besten bis dahin vorhandenen Karten, die Berliner, enthielten aber höchstens nur Sterne neunter Größe. Es galt also mindestens diese zu vervollständigen. Nun umfaßt der Thierkreis, in welchem die Planeten aufzusuchen sind, 24 sogenannte Stunden. Eine der sternärmsten dieser Stunden, die zehnte des Thierkreises, enthält nur zehn dem bloßen Auge sichtbare Sterne, dagegen mehr als 3000 Sterne erster bis elfter Größe, von denen wieder die Hälfte auf die beiden letzten Größenklassen allein kommt. Welche Zeit und Ausdauer gehört also dazu, nicht allein solche Karten herzustellen, sondern vollends sie mit dem wirklichen Himmel beständig zu vergleichen! Bedeutend vereinfacht wird diese Arbeit allerdings durch einen Umstand, der aber, so nahe er zu liegen scheint, doch erst spät praktische Beachtung fand. Sie wissen, daß jede Planetenbahn die Ebene der Erdbahn, die Ekliptik, nothwendig in zwei Punkten schneidet, die man den auf- und niedersteigenden Knoten nennt. Mindestens zweimal in seinem Laufe um die Sonne muß also jeder Planet in der Nähe der Ekliptik gesehen werden. Es ist daher nur nöthig, eine schmale Zone um die Ekliptik mit großer Sorgfalt zu durchmustern, um sicher zu sein, alle Planeten im Laufe der Zeit zu entdecken, wenn sie eben im Begriffe sind, einen der beiden Knoten ihrer Bahn zu passiren.

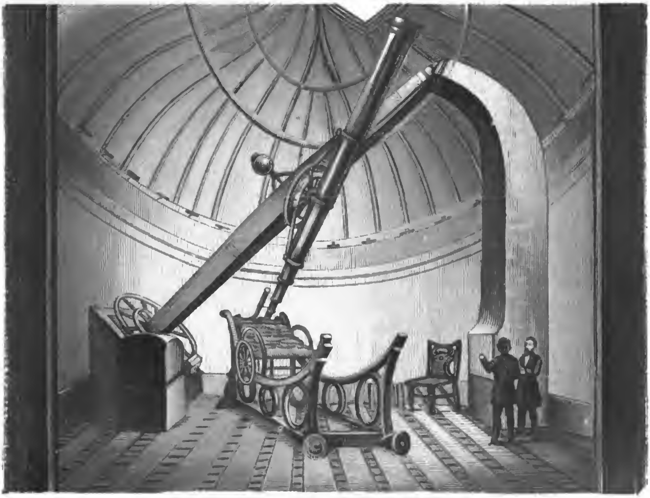
Das größte Verdienst um die praktische Verwerthung dieses Gedankens gebührt jedenfalls Russel Hind, damals Astronom an der Privatsternwarte des Herrn Bishop in Twickenham bei London. Seine bereits größtentheils vollendeten Karten umfassen eine Zone von 3 Grad zu beiden Seiten der Ekliptik und enthalten alle Sterne bis zur elften Größe. An sie knüpften sich die außerordentlichsten Erfolge; gelang es doch Hind selbst in dem kurzen Zeitraum von sieben Jahren zehn neue Planeten zu entdecken! Später begannen auch Chacornac in Marseille und de Gasparis in Neapel solche und zum Theil noch umfassendere Ekliptikalkarten zu entwerfen, und auch ihre Bemühungen wurden reichlich belohnt. Von der Reichhaltigkeit solcher Sternkarten will ich Ihnen eine Vorstellung verschaffen. Sie sehen hier ein kleines Kärtchen, welches einen Theil des Sternbildes der Zwillinge enthält, wie sich dieser dem bloßen Auge darstellt. Nun, dasselbe Stück des Himmels, wie es in dem großen Foucault'schen Teleskope erscheint, ist hier (auf S. 265) getreu nach Chacornac's ekliptischem Atlas reproduzirt.



Theil des Sternbildes der Zwillinge, gesehen mit bloßem Auge.

Und glauben Sie ja nicht, alle diese Sterne seien nur oberflächlich eingetragen, um den allgemeinen Eindruck annähernd wiederzugeben, vielmehr ist jedes Sternchen sorgfältig nach Lage und Helligkeit eingezeichnet, so daß, wenn sich bei Vergleichung mit dem Himmel ein Sternchen zeigt, das sich nicht in dieser Karte findet, sofort seine planetarische Natur dadurch höchst wahrscheinlich wird. Ist aber auch durch solche Hülfsmittel das Aufsuchen von Planeten am Himmel wesentlich erleichtert und bereits zu einer mehr oder minder blos mechanischen Fertigkeit im Vergleichen der Karten mit dem Himmel herabgesunken, so bleibt doch dem Zufall noch immer ein bedeutender Spielraum, und in der That hat

er bisweilen eine merkwürdige Rolle gespielt. Den besten Beweis dafür liefert ein Ereigniß aus dem Leben eines der thätigsten und glücklichsten Planetenentdecker, des Malers Hermann Goldschmidt in Paris. Am Abend des 22. Mai 1836 kehrt er in sein bescheidenes, im sechsten Stockwerk gelegenes Zimmer zurück, das ihm gleichzeitig als Malerwerkstatt, Schlafkammer und Sternwarte dient. Er findet sein Zimmer gescheuert, und um seine gewohnten Himmelsbeobachtungen, mit denen er zur Erholung von den Malerarbeiten des Tages oft ganze Nächte ausfüllt, nicht auszusetzen, begiebt er sich unter das Dach des Hauses. Er richtet sein Fernrohr aus einer Dachluke von ungefähr auf eine Gegend des Himmels, die er von seinem Zimmer aus nicht einmal hätte sehen können, und — siehe da! — er erspäht einen neuen Planeten, die Daphne!



Privatsternwarte von Mr. Bishop in Twickenham.

Als die Planetenentdeckungen sich in so überraschender Weise mehrten, hat es sich mehr als einmal ereignet, daß derselbe Planet gleichzeitig oder doch kurz hinter einander von mehreren Beobachtern entdeckt wurde. Zu wiederholten Malen kam es vor, daß zwei Planeten in einer einzigen Nacht, einmal sogar von demselben Beobachter aufgefunden wurden. Namentlich seit dem Jahre 1854 häuften sich die Entdeckungen in so überwältigender Weise, daß infolge der Ueberbürdung mit zeitraubenden Berechnungen und Beobachtungen neuer Himmelskörper die Astronomen nicht mehr Schritt halten konnten. Mancher Planet gerieth in Gefahr, kaum gefunden wieder verloren zu gehen, und die Wiederauffindung solcher Planeten ward bald ein nicht geringeres Verdienst als die Entdeckung neuer. Höchst bezeichnend für diese Periode unserer Wissenschaft

ist die Aufforderung, welche bei Gelegenheit einer solchen Gefahr, welche der kaum aufgefundenen Daphne drohte, der Observator an der Sternwarte zu Altona, Herr Pape, im Jahre 1856 erließ, man möge doch in den Entdeckungen eine mehrjährige Pause eintreten lassen. Daß dieser Aufforderung gleichwol aus sehr begreiflichen Gründen keine Folge gegeben ward, haben die letzten Jahre bewiesen.

Ich werde nun versuchen, Ihnen in kurzer Uebersicht die Reihe der Entdeckungen vorzuführen, welche Hencke mit seiner Asträa eröffnete, und welche im Laufe von 13 Jahren, bis zum Schlusse des Jahres 1858, die Zahl der Planetoiden schon auf 55 vermehrten.

Es war zunächst wieder Hencke in Driesen, welcher am 1. Juli 1847 seinen zweiten Planeten, die Hebe auffand. Darauf folgte am 13. August desselben Jahres die Entdeckung der Iris und am 18. Oktober die der Flora durch Hind. Das Jahr 1848 brachte nur einen neuen Planetoiden, die Metis, welche Graham, Astronom an der Sternwarte zu Markree-Castle in Irland, am 25. April entdeckte. Das Jahr 1849 ist gleichfalls nur durch eine Entdeckung bezeichnet, durch die der Hygiea, welche de Gasparis in Neapel am 12. April auffand. Zahlreicher wurden die Entdeckungen in den folgenden Jahren. Im Jahre 1850 wurde die Parthenope am 11. Mai von de Gasparis, die Victoria am 13. September von Hind, die Egeria am 2. November abermals von de Gasparis entdeckt. Darauf fand im Jahre 1851 Hind am 19. Mai die Irene, de Gasparis am 29. Juli die Eunomia. Das Jahr 1852 gehört zu den glücklichsten auf diesem Felde der Entdeckungen, indem es unserer Kenntniß der Planeten acht neue zuführte. Jetzt begann man zuerst, jene alte, nun bedeutungslos gewordene Sitte besonderer Zeichen für die Planeten aufzugeben und statt deren auf den Vorschlag des amerikanischen Astronomen Gould die in einen Kreis eingeschlossenen Nummern der chronologischen Reihe der Entdeckungen einzuführen. Die Reihe der Planeten des Jahres 1852 eröffnet die Psyche, am 17. März von de Gasparis entdeckt; darauf folgt die Thetis, am 17. April von Luther, Direktor der Sternwarte zu Bilk bei Düsseldorf, aufgefunden; dann die Melpomene, am 24. Juni, und die Fortuna, am 22. August von Hind entdeckt; darauf die Massalia am 19. September von de Gasparis, die Lutetia am 15. November von Hermann Goldschmidt, die Kalliope am 16. November, und die Thalia am 15. Dezember, beide von Hind entdeckt. Das Jahr 1853 brachte wieder vier neue Planetoiden: am 5. April die Themis, von de Gasparis, am 7. April die Phocäa, von Chacornac, am 5. Mai die Proserpina, von Luther, und am 8. November die Euterpe, von Hind entdeckt. Das Jahr 1854 vermehrte die Zahl der Planetoiden um sechs. Am 1. März wurde die Bellona von Luther und noch in derselben Nacht kaum einige Stunden später die Amphitrite von Marth in London entdeckt, welcher zwei anderen Entdeckern, Pogson in Oxford und Chacornac in Paris, dadurch um eine oder zwei Nächte zuvorkam. Darauf folgte die Urania, am 22. Juli von Hind, die Euphrosyne, am 2. September vom amerikanischen Astronomen Ferguson in Washington, die Pomona am 26. Oktober von Goldschmidt, und die Polyhymnia, am 28. Oktober von Chacornac entdeckt. Im Jahre 1855 wurden am 6. April die Circe von Chacornac, am 19. April die Leucothea von Luther und am 5. Oktober wiederum

im Zeitraum einer nächtlichen Stunde zwei Planeten, die Atalante von Goldschmidt und die Fides von Luther aufgefunden. Fünf neue Entdeckungen brachte das Jahr 1856: Am 12. Januar die der Leda und am 8. Februar die der Lätitia durch Chacornac, am 31. März die der Harmonia und am 22. Mai die der Daphne durch Goldschmidt, am 23. Mai die der Isis durch Pogson in Oxford. Das Jahr 1857 hat unsere Kenntniß von der Planetenwelt durch die Entdeckung von acht neuen Planeten bereichert. Pogson entdeckte am 15. April die Ariadne, Goldschmidt am 27. Mai die Nysa und am 27. Juni die Eugenia, Pogson abermals am 16. August die Hestia, Luther am 15. September die Aglaja.



Theil des Sternbildes der Zwillinge, gesehen mit dem Teleskop.

Am 19. September ereignete sich sogar die unerhörte Thatsache, daß ein und derselbe Beobachter, Herrmann Goldschmidt, im Laufe einer einzigen Nacht zwei Planeten entdeckte, welche die Namen Doris und Pales erhielten. Am 19. Oktober entdeckte Luther den 50. der Planetoiden, der aber bereits am 4. Oktober von Ferguson in Washington aufgefunden war und von diesem nach dem Rechte des Entdeckers Virginia getauft wurde. Auch das Jahr 1858 hat nochmals fünf neue Entdeckungen gebracht. Am 24. Januar fand Laurent in Nismes die Nemausa, am 4. Februar Goldschmidt die Europa, am 4. April Luther die Kalypso; am 10. September endlich entdeckte Goldschmidt die Alexandra und

an demselben Tage Georg Searly in Albani die Pandora. Im Jahre 1859 wurden nur zwei Planeten entdeckt, Melete am 9. September von Goldschmidt und Mnemosyne am 22. September von Luther. Dagegen brachte das Jahr 1860 schon wieder fünf Asteroiden: Luther fand am 24. März die Concordia, Goldschmidt am 9. September die Danae, Chacornac am 12 September Elpis, Förster und Lesser am 14. September Erato, Ferguson am 15. September Echo. Noch zahlreicher wurden die Entdeckungen im Jahre 1861 und in der Folgezeit, wie nachstehende Tabelle Ihnen zeigt.

Uebersicht der entdeckten Planetoiden.

Nr.	Namen.	Zeit der Entdeckung.			Entdecker.	Ort der Entdeckung.
1.	Ceres	1801	Januar	1.	Piazzi	Palermo.
2.	Pallas	1802	März	28.	Olbers	Bremen.
3.	Juno,	1804	September	1.	Harding	Lilienthal.
4.	Vesta	1807	März	29.	Olbers	Bremen.
5.	Asträa	1845	Dezember	8.	Hencke	Driesen.
6.	Hebe	1847	Juli	1.	"	"
7.	Iris	"	August	13.	Hind	London.
8.	Flora	"	Oktober	18.	"	"
9.	Metis	1848	April	26.	Graham	Markree.
10.	Hygiea	1849	"	12.	de Gasparis	Neapel.
11.	Parthenope	1850	Mai	11.	"	"
12.	Victoria	"	September	13.	Hind	London.
13.	Egeria	"	November	2.	de Gasparis	Neapel.
14.	Irene	1851	Mai	19.	Hind	London.
15.	Eunomia	"	Juli	29.	de Gasparis	Neapel.
16.	Psyche	1852	März	17.	"	"
17.	Thetis	"	April	17.	Luther	Bilk.
18.	Melpomene	"	Juni	24.	Hind	London.
19.	Fortuna	"	August	22.	"	"
20.	Massalia	"	September	19.	de Gasparis	Neapel.
21.	Lutetia	"	November	15.	Goldschmidt	Paris.
22.	Kalliope	"	"	16.	Hind	London.
23.	Thalia	"	Dezember	15.	"	"
24.	Themis	1853	April	5.	de Gasparis	Neapel.
25.	Phocäa	"	"	7.	Chacornac	Marseille.
26.	Proserpina	"	Mai	5.	Luther	Bilk.
27.	Euterpe	"	November	8.	Hind	London.
28.	Bellona	1854	März	1.	Luther	Bilk.
29.	Amphitrite	"	"	1.	Marth	London.
30.	Urania	"	Juli	22.	Hind	"
31.	Euphrosyne	"	September	2.	Ferguson	Washington.
32.	Pomona	"	Oktober	26.	Goldschmidt	Paris.
33.	Polyhymnia	"	"	28.	Chacornac	"
34.	Circe	1855	April	6.	"	"
35.	Leucothea	"	"	19.	Luther	Bilk.
36.	Atalanta	"	Oktober	5.	Goldschmidt	Paris.
37.	Fides	"	"	5.	Luther	Bilk.
38.	Leda	1856	Januar	12.	Chacornac	Paris.
39.	Lätitia	"	Februar	8.	"	"
40.	Harmonia	"	März	31.	Goldschmidt	"
41.	Daphne	"	Mai	22.	"	"
42.	Isis	"	"	23.	Pogson	Oxford.
43.	Ariadne	1857	April	15.	"	"
44.	Nysa	"	Mai	27.	Goldschmidt	Paris.
45.	Eugenia	"	Juni	26.	"	"

Nr.	Namen.	Zeit der Entdeckung.			Entdecker.	Ort der Entdeckung.
46.	Hestia	1857	August	16.	Pogson	Oxford.
47.	Aglaja	„	September	15.	Luther	Bilk.
48.	Doris	„	„	19.	Goldschmidt	Paris.
49.	Pales	„	„	19.	„	„
50.	Virginia	„	Oktober	4.	Ferguson	Washington.
51.	Nemausa	1858	Januar	22.	Laurent	Nismes.
52.	Europa	„	Februar	4.	Goldschmidt	Paris.
53.	Kalypso	„	April	4.	Luther	Bilk.
54.	Alexandra	„	September	10.	Goldschmidt	Paris.
55.	Pandora	„	„	10.	Searle	Albani.
56.	Melete	1857	„	9.	Goldschmidt	Paris.
57.	Mnemosyne	1859	„	22.	Luther	Bilk.
58.	Concordia	1860	März	24.	„	„
59.	Elpis	„	September	12.	Chacornac	Paris.
60.	Danae	„	„	9.	Goldschmidt	„
61.	Echo	„	„	15.	Ferguson	Washington.
62.	Erato	„	„	14.	Förster und Lesser	Berlin.
63.	Ausonia	1861	Februar	11.	de Gasparis	Neapel.
64.	Angelica	„	März	5.	Tempel	Marseille.
65.	Cybele	„	„	9.	„	„
66.	Maja	„	April	10.	Tuttle	Cambridge.
67.	Asia	„	„	17.	Pogson	Madras.
68.	Leto	„	„	29.	Luther	Bilk.
69.	Hesperia	„	„	29.	Schiaparelli	Mailand.
70.	Panopäa	„	Mai	5.	Goldschmidt	Paris.
71.	Niobe	„	August	13.	Luther	Bilk.
72.	Feronia	1861	Mai	29.	Safford	Clinton.
73.	Klytia	1862	April	7.	Tuttle	Cambridge.
74.	Galatea	„	August	29.	Tempel	Marseille.
75.	Eurydice	„	September	22.	Peters	Clinton.
76.	Freya	„	Oktober	21.	d'Arrest	Kopenhagen.
77.	Frigga	„	November	12.	Peters	Clinton.
78.	Diana	1863	März	15.	Luther	Bilk.
79.	Eurynome	„	September	14.	Watson	Ann Arbor.
80.	Sappho	1864	Mai	2.	Pogson	Madras.
81.	Terpsichore	„	September	30.	Tempel	Marseille.
82.	Alkmene	„	November	27.	Luther	Bilk.
83.	Beatrix	1865	April	26.	de Gasparis	Neapel.
84.	Klio	„	August	25.	Luther	Bilk.
85.	Jo	„	September	19.	Peters	Clinton.
86.	Semele	1866	Januar	4.	Tietjen	Berlin.
87.	Sylvia	„	Mai	16.	Pogson	Madras.
88.	Thisbe	„	Juni	15.	Peters	Clinton.
89.	Julia	„	August	6.	Stephan	Marseille.
90.	Antiope	„	Oktober	10.	Luther	Bilk.
91.	Aegina	„	November	4.	Borelli	Marseille.
92.	Undina	1867	Juli	7.	Peters	Clinton.
93.	Minerva	„	August	24.	Watson	Ann Arbor.
94.	Aurora	„	September	6.	„	„
95.	Arethusa	„	November	23.	Luther	Bilk.
96.	Aegle	1868	Februar	17.	Coggia	Marseille.
97.	Klotho	„	„	17.	Tempel	„
98.	Janthe	„	April	18.	Peters	Clinton.
99.	Dike	„	Mai	28.	Borelli	Marseille.
100.	Hekate	„	Juli	11.	Watson	Ann Arbor.
101.	Helena	„	August	15.	„	„
102.	Miriam	„	„	22.	Peters	Clinton.
103.	Hera	„	September	7.	Watson	Ann Arbor.
104.	Klymene	„	„	13.	„	„

Nr.	Namen.	Zeit der Entdeckung.			Entdecker.	Ort der Entdeckung.
105.	Artemis	1868	September	16.	Watson	Ann Arbor.
106.	Dione	"	Oktober	10.	"	"
107.	Camilla	"	November	17.	Pogson	Madras.
108.	Hecuba	1869	April	2.	Luther	Bilk.
109.	Felicitas	"	Oktober	9.	Peters	Clinton.
110.	Lydia	1870	April	19.	Borelli	Marseille.
111.	Ate	"	August	14.	Peters	Clinton.
112.	Iphigenia	"	September	19.	"	"
113.	Amalthea	1871	März	12.	Luther	Bilk.
114.	Kassandra	"	Juli	23.	Peters	Clinton.
115.	Thyra	"	August	6.	Watson	Ann Arbor.
116.	Sirona	"	September	8.	Peters	Clinton.
117.	Lomia	"	"	12.	Borelly	Marseille.
118.	Peitho	1872	März	15.	Luther	Bilk.
119.	Althäa	"	April	3.	Watson	Ann Arbor.
120.	Lachesis	"	"	10.	Borelly	Marseille.
121.	Hermione	"	Mai	12.	Watson	Ann Arbor.
122.	Gerda	"	Juli	31.	Peters	Clinton.
123.	Brunhilda	"	"	31.	"	"
124.	Alceste	"	August	23.	"	"
125.	Liberatrix	"	September	11.	Prosper Henry	Paris.
126.	Velleda	"	November	5.	Paul Henry	"
127.	Johanna	"	"	5.	Prosper Henry	"
128.	Nemesis	"	"	25.	Watson	Ann Arbor.
129.	Antigone	1873	Februar	5.	Peters	Clinton.
130.	Elektra	"	"	17.	"	"
131.	Vala	"	Mai	24.	"	"
132.	Aethra	1873	Juni	13.	Watson	Ann Arbor.
133.	Cyrene	"	August	16.	"	"
134.	Sophrosyne	"	September	27.	Luther	Bilk.
135.	Hertha	1874	Februar	19.	Peters	Clinton.
136.	Austria	"	März	18.	Palisa	Pola.
137.	Meliböa	"	April	21.	"	"
138.	Tolosa	"	Mai	19.	Perrotin	Toulouse.
139.	Noch unbenannt	"	Oktober	10.	Watson	Peking.
140.	Siwa	"	"	13.	Palisa	Pola.
141.	Lumen	1875	Januar	13.	Paul Henry	Paris.
142.	Polana	"	"	25.	Palisa	Pola.
143.	Adria	"	Februar	23.	"	"
144.	Vibilia	"	Juni	5.	Peters	Clinton
145.	Adeona	"	"	3.	"	"
146.	Lucina	"	"	8.	Borelly	Marseille
147.	Protogeneia	"	"	11.	Schulhof	Wien
148.	Noch unbenannt.	"	August	8.	Prosper Henry	Paris
149.		"	September	21.	Perrotin	Toulouse.
150.		"	Oktober	19.	Watson	Ann Arbor.
151.		"	November	1.	Palisa	Pola.
152.		"	"	2.	"	"
153.		"	"	2.	Paul Henry	Paris.
154.		"	"	6.	Prosper Henry	"

Schließlich gebe ich Ihnen hier noch eine alphabetisch geordnete Zusammenstellung der einzelnen Planetoidenentdecker und der Nummern der von jedem Einzelnen aufgefundenen kleinen Planeten. Hiernach sind die vier glücklichsten Entdecker: Goldschmidt mit 14, Watson mit 17, Luther mit 20 und Peters mit 21 Planetoiden.

Die Entdecker der Planetoiden.

d'Arrest: 76.
Borelli: 91. 99. 110. 117. 120. 146.
Chacornac: 25. 33. 34. 38. 39. 59.
Coggia: 96.
Ferguson: 31. 50. 61.
Förster (und Lesser): 62.
de Gasparis: 10. 11. 13. 15. 16. 20. 24. 63. 83.
Goldschmidt: 21. 32. 36. 40. 41. 44. 45. 48. 49. 52. 54. 56. 60. 70
Graham: 9.
Harding: 3.
Hencke: 5. 6.
Henry: 126. 141. 153.
Hind: 7. 8. 12. 14. 18. 19. 22. 23. 27. 30.
Laurent: 51.
Luther: 17. 26. 28. 35. 37. 47. 53. 57. 58. 68. 71. 78. 82. 84. 90. 95. 108. 113. 118. 134.
Marth: 29.
Olbers: 2. 4.
Palisa: 136. 137. 140. 142. 143. 151. 152.
Perrotin: 138. 149.
Peters: 75. 77. 85. 88. 92. 98. 102. 109. 111. 112. 114. 116. 122. 123. 124. 129. 130. 131. 135. 144. 145.
Piazzi: 1.
Pogson: 42. 43. 46. 67. 80. 87. 107.
Prosper Henry: 125. 127. 154.
Safford: 72.
Schiaparelli: 69.
Schulhof: 147.
Searle: 55.
Stephan: 89.
Tempel: 64. 65. 74. 81. 97.
Tietjen: 86.
Tuttle: 66. 73.
Watson: 79. 93. 94. 100. 101. 103. 104. 105. 106. 115. 119. 121. 128. 132. 133. 139. 150.

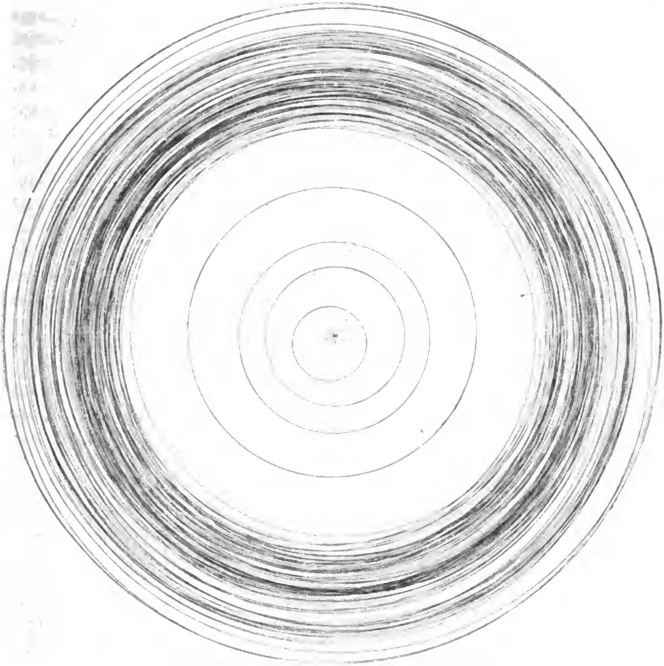
Es bleibt mir noch übrig, Sie auf einige Seltsamkeiten dieser Weltenschar aufmerksam zu machen. Ich habe Ihnen bereits gesagt, daß Herschel ernstliche Bedenken trug, diese Weltkörper unter die übrigen Planeten einzureihen, daß er sie ihrer Natur nach zwischen Planeten und Kometen gestellt wissen wollte. In der That zeigen sie Eigenthümlichkeiten, welche dieses Bedenken nicht ganz ungerechtfertigt erscheinen lassen. In vielfach verschlungenen, oft langgestreckten Bahnen umkreisen sie die Sonne in Zeiträumen, die von $3^1/_4$ Jahren bis zu fast 7 Jahren, und in mittleren Abständen, die von 44 bis zu 71 Millionen Meilen wechseln, also diesseits bis zum Mars einen Raum von 14 Millionen Meilen, jenseits bis zum Jupiter einen Raum von 33 Millionen Meilen leer lassend. Während alle übrigen Planetenbahnen sich der Kreisform so weit nähern, daß ihre Excentrizität, d. h. die Abweichung ihres Brennpunktes, in welchem die Sonne steht, von ihrem Mittelpunkte, kaum $^1/_{20}$ ihres Bahnhalbmessers und nur bei der excentrischesten aller älteren Planetenbahnen, bei der Merkursbahn, $^1/_5$ beträgt, begegnen wir hier einzelnen fast kometenartig gestreckten Bahnen, deren Excentrizität bei der Polyhymnia fast $^1/_3$ erreicht. Während die Ebenen der übrigen Planetenbahnen kaum einige Grade gegen die Ebene unserer Erdbahn geneigt sind, sehen wir wiederum die Neigung einzelner Planetoidenbahnen, wie der Euphrosyne und der Pallas, auf 26 und 34 Grade anwachsen, und so diese Weltkörper auf Nebenpfaden abschweifen, die wir sonst nur noch von dem Volke der Kometen eingeschlagen finden werden.

Zu der seltsamen Anordnung der Planetoiden in verschiedenen, fast gleich weit von der Sonne entfernten Ebenen über und unter einander und zu der langgestreckten Form ihrer Bahnen kommt endlich noch die zwergartige Kleinheit dieser Weltkörper selbst. Kein unbewaffnetes Auge vermag sie zu erspähen, und nur die Vesta ist in ihrer größten Nähe bisweilen als Stern sechster Größe sichtbar. Fast alle zeigen sogar mit den stärksten Fernröhren gesehen keinen wahrnehmbaren Durchmesser. Sie werden fragen, wie es dann möglich sei, überhaupt eine Andeutung von ihrer wahren Größe zu erlangen. Aber der Astronom

weiß sich zu helfen, auch wo ihn seine direkten Meßinstrumente verlassen. Hier war es die Helligkeit dieser Weltkörper, welche ihm Hülfe gewährte. Es ist Ihnen bekannt, daß zwischen der Helligkeit eines beleuchteten Körpers und der Entfernung seiner Lichtquelle ein solches Verhältniß besteht, daß er in der doppelten, dreifachen, vierfachen Entfernung nur $^1/_4$, $^1/_9$, $^1/_{16}$ des ursprünglichen Lichtes empfängt, und daß er darum auch dem Auge in der doppelten, dreifachen, vierfachen Entfernung nur mit $^1/_4$, $^1/_9$, $^1/_{16}$ seiner früheren Helligkeit erscheint. Sie werden nun begreifen, daß es dem Astronomen auch leicht sein muß, die Helligkeit zu berechnen, mit welcher ein Planet von bekannter Größe, wie der Mars oder die Venus, einem Beobachter auf der Erde erscheinen müßte, wenn dieser Planet an den Ort eines der Planetoiden versetzt werden könnte. Da nun die Helligkeit dieses letzteren durch unmittelbare Beobachtung gefunden werden kann, so kennt man auch das Verhältniß der Helligkeit beider Körper bei gleicher Entfernung von Sonne und Erde. Es bedarf also nur noch der keineswegs ganz unstatthaften Voraussetzung, daß auch die Reflexionskraft ihrer Oberfläche nahezu dieselbe ist, um das Verhältniß der Helligkeiten sofort in ein Verhältniß der erhellten Flächen, welche sie dem Auge zeigen, umzuwandeln und daraus endlich unmittelbar auf das Verhältniß der wahren Durchmesser zu schließen. Wenngleich dieses Verfahren allerdings nur annähernde Werthe für die Dimensionen dieser Weltkörper liefert, so dürften sie der Wahrheit immer noch näher kommen, als die meisten Resultate der ohnehin nur sehr vereinzelten direkten Messungen, unter denen vielleicht allein die Mädler'sche Messung der Vesta, für welche sich ein Durchmesser von 66 geogr. Meilen ergiebt, Vertrauen verdient. Unsere bisherigen Vorstellungen von dem Wesen planetarischer Körper werden durch diese Größenschätzungen gewaltig erschüttert. Es wird uns zugemuthet, Weltkörper, deren Durchmesser meist nur zwischen 15—25 Meilen mißt, bei einzelnen sogar nicht 8—9 Meilen, bei dem größten, wie der Vesta, nicht 60 Meilen übersteigt, Weltkörper, deren ganze Oberfläche von manchem kleinen Königreiche Europa's an Ausdehnung übertroffen wird, mit unserer ganzen massenhaften Erde in eine Reihe zu stellen. Aber diese Kleinheit der Körpermassen, so außerordentlich sie auch erscheinen mag, darf uns doch so wenig als die ungewöhnlichen Form- und Neigungsverhältnisse ihrer Bahnen veranlassen, diese Findlinge der jüngsten astronomischen Wissenschaft aus der Gesellschaft der älteren Planeten auszuweisen. Seit jene kometenartige Nebelhülle, mit der man sonst die meisten dieser Weltkörper umgeben glaubte, sich lediglich als die Wirkung einer optischen Täuschung herausstellte, beginnt der letzte Grund zu schwinden, aus dem man sie den Kometen, wenn auch nur als Stiefgeschwister, zugesellen mochte. So dürfte auch der Name „Planetoiden" ihre eigentliche Natur am besten bezeichnen.

Einem Schwarme zahlreicher, kleiner Weltkörper zu begegnen, wo man einen einzigen großen Planeten zu erwarten sich berechtigt glaubt, hat etwas Ueberraschendes. Dennoch beweist es nichts weiter, als daß die ursprüngliche Bildung der Planetoidengruppe unter Umständen eingetreten ist, welche bei der Bildung der übrigen Einzelplaneten und planetarischen Gruppen im Sonnensysteme nicht in gleicher Weise zusammengewirkt haben. Ein solches Ereigniß mußte natürlich

mit dem ersten Beginn dieser Entdeckungen die stets an den Pforten der Wissenschaft lauernde Phantasie in Thätigkeit setzen. Gestatten Sie mir, daß ich die Strecke, die uns noch von dem nächsten Ziele unserer Wanderung trennt, mit diesen kosmologischen Träumen ausfülle.



Uebersicht der Umlaufsbahnen der Planetoiden.

Schon Olbers stellte, wie ich Ihnen erzählte, zu Anfang dieses Jahrhunderts die Vermuthung auf, daß diese kleinen Planeten nur die Trümmer eines großen Weltkörpers seien, der durch eine gewaltsame Katastrophe in zahlreiche Stücke zersprengt wurde. Die nahe Uebereinstimmung, die sich in den Bahnen der zuerst entdeckten Planeten zeigte, die geringe Abweichung in der Lage ihrer Knotenlinien schien diese Vermuthung zu bestätigen. Ein eigentlicher Planet verfolgt bekanntlich, abgesehen von den als Störungen bezeichneten kleinen Abweichungen, beständig denselben Weg, durchläuft bei jedem Umlaufe dieselbe Reihe von Punkten. Im Augenblicke nun, wo, nach der Olbers'schen Hypothese, der große Planet zerbrach, wurde jedes seiner Bruchstücke in vollster Bedeutung

des Wortes ein wirklicher Planet und begann die Kurve zu beschreiben, in welcher er seine Bewegung für alle Zeiten auszuführen hatte. Einige Unterschiede in Stärke und Richtung der Kräfte, welche die Trümmer fortschleuderten, konnten merkliche Verschiedenheiten in Gestalt und Lage dieser Bahnen herbeiführen; aber wie dem auch sei, alle diese Bahnen mußten einen Punkt gemeinsam behalten, nämlich denjenigen, von dem die einzelnen Trümmer ausgegangen waren, um gesondert ihre Bahn zurückzulegen. Die neueren Untersuchungen über die Bahnnähen der Planetoiden zeigen nun freilich keine Spur eines solchen gemeinschaftlichen Kreuzungspunktes aller Bahnen. Dagegen ließe sich zwar einwenden, daß jene Forderung doch streng genommen nur für die nächste Folgezeit nach der Katastrophe gelte, da im Laufe der Jahrtausende sich die Bahnen durch die störenden Einflüsse anderer Planeten, besonders des benachbarten Jupiter, ändern und so auch die Knotenpunkte immer weiter und weiter auseinanderrücken müßten. Aber auch dann müßte es möglich sein, aus der gegenwärtigen Lage der Planetoidenbahnen mit Hülfe der Theorie auf eine solche Anordnung derselben in der Vorzeit zurückzuschließen, in welcher eine Hinneigung gegen eine gewisse Region thatsächlich zuträfe. Zu einer solchen Untersuchung fehlen freilich für jetzt noch die Mittel, und damit ist auch von dieser Seite her wenigstens noch keine Bestätigung der Olbers'schen Hypothese zu erlangen.

Aber es knüpft sich noch eine zweite Forderung an jene Hypothese. Die sämmtlichen Planetoiden müssen wenigstens einmal während ihres Umlaufes in dieselbe Entfernung von der Sonne kommen. Es darf also der größte Abstand keines der Planetoiden kleiner sein, als der kleinste Abstand eines anderen, der kleinste niemals größer als der größte eines anderen. Als die Zahl der Entdeckungen noch beschränkt war, schien sich diese Bedingung wirklich erfüllen zu sollen. Aber diese Illusion ist jetzt völlig zerstört. Harmonia, Victoria, Flora, Ariadne, Nemausa erreichen niemals jene Grenzen, in welchen Ceres, Kalliope, Doris, Europa, Hygiea und Themis ihre größte Annäherung zur Sonne haben. Harmonia geht sogar niemals über einen Abstand von 49 Millionen Meilen hinaus, während Doris sich niemals auf weniger als 59 Millionen Meilen der Sonne nähert. Sie sehen, daß man dadurch schon genöthigt würde, mehrere gesonderte Gruppen von Planetoiden anzunehmen, wenn man nur für einen Theil derselben die Olbers'sche Hypothese festhalten wollte.

Zu einer Zeit, als man seinen Glauben an eine zertrümmernde Katastrophe noch nicht in dieser Weise erschüttert sah, als man sogar meinte, den Ort dieses Ereignisses in einem Abstande von 52 Millionen Meilen von der Sonne feststellen zu können, machte man selbst den kühnen Versuch, in ähnlicher Weise wie der Geolog aus Knochentrümmern Thiere der Vorzeit wieder zusammensetzt, so aus diesen planetarischen Bruchstücken auf die Größe und Masse des ursprünglichen zertrümmerten Planeten zu schließen. Ein amerikanischer Astronom, Daniel Kirkwood in Potsville, war es, der im Jahre 1850 diesen Versuch wagte, indem er sich dabei auf ein freilich nicht näher begründetes Gesetz stützte, welches Umlaufszeiten und Massenanziehungen der Planeten in ein bestimmtes Verhältniß zu einander setzen sollte. Er glaubte dem zertrümmerten Planeten eine etwas größere Masse als dem Mars geben, seinen Durchmesser auf etwa 1085 Meilen und sogar seine Rotationsdauer auf 57½ Stunden festsetzen zu können.

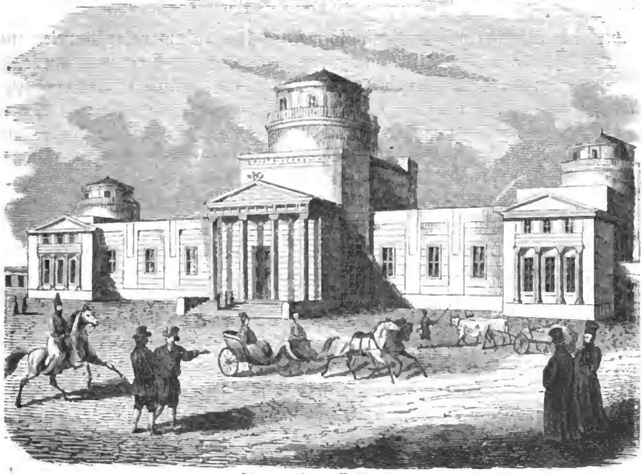
Auch über die Natur der Katastrophe selbst hat man sich in mancherlei Vermuthungen ergangen. Am liebsten dachte man in der ersten Zeit an den Stoß eines mächtigen Kometen. Dann suchte man die Ursache der Zertrümmerung wieder in einer gewaltigen innern Kraftäußerung des Planeten, ähnlich den vulkanischen Explosionen, die im Schoße unserer Erdrinde statthaben. Noch Andere glaubten eine bessere Erklärung in einer zu großen Rotationsgeschwindigkeit des ursprünglichen Planeten zu finden, die allerdings zu jenem Kirkwood'schen Resultat wenig passen, wol aber in den vielleicht verwandten äußeren Planeten unseres Sonnensystems eine Analogie haben würde. Die beste Erklärung ist jedenfalls noch die, welche die Planetoidengruppe durch Auflösung eines Ringes zwischen Mars und Jupiter in mehrere kleinere Körper entstehen läßt. Sie steht im Einklange mit der Laplace'schen Hypothese über die Bildung des Sonnensystems und erspart uns die Mühe, zu den Voraussetzungen jener Hypothese neue willkürlich hinzuzufügen. Sie steht ebenso im Einklange mit der gleichmäßigen Austheilung der Planetoidenbahnen innerhalb der von ihnen erfüllten Zone, mit ihrer regellosen Stellung zu einander, mit der bedeutenden Größe ihrer Excentrizitäten und Neigungen.

Wenn gleich Anfangs der Olbers'schen Hypothese aus den großen Neigungen der Planetoidenbahnen gegen die Ekliptik erhebliche Schwierigkeiten erwuchsen, so haben diese im Laufe der fortschreitenden Entdeckungen allmählich den Charakter des Unerklärlichen und Unmöglichen angenommen. Immer dringender sieht man sich aufgefordert, die Hypothese zu verlassen. Nur wenige Astronomen dürften heutzutage noch sehr geneigt sein, die Entstehung dieser kleinen Planeten, durch eine Aenderung des Urzustandes des Sonnensystems, durch eine gewaltsame Katastrophe zu erklären. Immer mehr neigt man sich der Ansicht zu, daß diese Körper ganz ebenso regelmäßig und nach denselben Gesetzen sich ausgebildet haben, wie die übrigen größeren Planeten des Systems. Man erwartet daher infolge dieser Annahme aus der fleißigen Durchsuchung des Himmels die allmähliche Auffindung einer übergroßen Anzahl solcher Himmelskörper und verschiebt mit Recht die Aufstellung eines Gesetzes ihrer Vertheilung, einer Hypothese ihrer Entstehung auf jenen Zeitpunkt, wo die Uebersicht eine annähernd vollkommene sein wird.

Die Entdeckungen der letzten Jahre beginnen bereits ein dämmerndes Licht auf die Theorie zu werfen. Mindestens haben sie die lange gehegte Besorgniß nicht zerstreut, als könne durch die Verschlingung so vieler Planetenbahnen in diesem engen Raume einmal eine gefährliche Annäherung, wol gar ein Zusammenstoß zweier Welten erfolgen, durch den mindestens die Ruhe jener Systeme in Frage gestellt würde. Sie haben sicherlich schon von einer Stabilität des Sonnensystems sprechen hören. Für die älteren Planeten beruht diese Stabilität auf dem von einem der größten Mathematiker Frankreichs, L a g r a n g e, um die Mitte des vorigen Jahrhunderts bewiesenen Satze, daß die mittleren Entfernungen der Planeten von der Sonne, die Excentrizitäten und gegenseitigen Neigungen ihrer Bahnen für alle Folgezeit unverändert bleiben und nur sehr kleine periodische Aenderungen erfahren. Für die kleinen Planeten hat nun Leverrier vor einigen Jahren den Versuch gemacht eine ähnliche Stabilität her-

zuleiten. Auch hier hat er gefunden, daß die Formen und Neigungen der Planetoidenbahnen durch Störungen von Seiten der übrigen Planeten im Wesentlichen keine Veränderung erfahren können, daß sie also im innigsten Zusammenhange mit der ersten Ursache ihrer Bildung stehen müssen. Allerdings gilt diese Stabilität nur innerhalb gewisser Grenzen. Die eine dieser Grenzen wird durch einen mittleren Abstand von der Sonne bezeichnet, welcher ungefähr dem doppelten Abstande unserer Erde von der Sonne entspricht, die andere durch einen Abstand, welcher $3^1/_5$mal die Entfernung der Erde übertrifft. Uebrigens gilt diese Rechnung nur unter gewissen einschränkenden Bedingungen, und ich muß Ihnen gestehen, daß ich ihr gar keinen Werth beilege. Ganz im Gegentheil glaube ich, daß unter den Asteroiden Zusammenstöße schon vorgekommen sind und im Laufe der Zeiten wiederum vorkommen werden. Vielleicht war ursprünglich die Zahl dieser Weltenbruchstücke geringer und sie hat sich erst durch wiederholte Zusammenstöße und Zertrümmerungen vermehrt. Wir haben gar kein Recht, von einer Ewigkeit des Bestehens unserer planetarischen Welt zu sprechen. Denn wie es eine Zeit gab, in welcher unser heutiges Planetensystem mit all seinen einzelnen Weltkugeln nicht vorhanden war, so wird auch dereinst eine Zeit kommen, in welcher es verschwunden sein wird, in welcher die Stoffe, die heute den verschiedenen Weltkörpern zugetheilt sind und diese zusammensetzen, neue und verschiedenartige Bildungen eingehen. Die Idee einer Ewigkeit des Bestandes der Welteinrichtungen, die wir heute kennen, ist eine durchaus falsche und man kann nicht energisch genug allen Schlüssen entgegentreten, welche auf sie gebaut werden.

So haben Sie denn eine der interessantesten Episoden aus der Geschichte der astronomischen Forschung kennen gelernt und einige, wenn auch noch unsichere Blicke in eine neue seltsame Welt gethan. Jene einst wüsten Räume, welche nur die Geschichte so reich ausgefüllt hat, liegen jetzt hinter uns; wir sind bereits eingetreten in den Bereich eines gewaltigen Herrschers, dessen Macht wir längst, freilich ohne unser Wissen, selbst in den Fernen unserer Erdbahn erfuhren. Größere Kontraste, als sie das kaum verlassene und das eben betretene Gebiet des Weltraumes darbieten, sind kaum denkbar. Dort ein Schwarm wunderbar kleiner Welten, deren mehr als eine halbe Million erforderlich wären, um die Masse unseres Erdballes herzustellen; hier eine Riesenwelt, die 1300 Erden in sich aufzunehmen vermöchte!



Sternwarte zu Pulkowa.

Sechstes Kapitel.

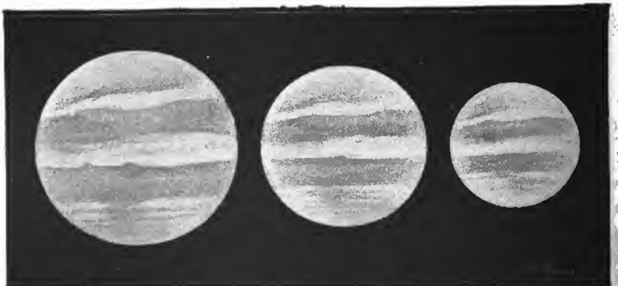
Die sonnenfernen Planeten.

Mich zieht es weg, ich darf nicht länger säumen
Und sage mit Besonnenheit:
Das Alles kann ein Jeder träumen,
Euch ganz allein ist's Wirklichkeit.

Die Erde und ihre Nachbarplaneten sind längst in der Nacht des Himmelsraumes versunken; kaum daß die größten unter ihnen noch gleich kleinen Fixsternen schimmern; der Mars ist dem unbewaffneten Auge völlig entrückt. Die Sonne selbst ist zu einer Scheibe geschwunden, die an Größe kaum noch dem 27. Theile der uns von der Erde her bekannten Sonnenscheibe gleichkommt. Ihr mildes Licht ergießt sich über die ungeheure Welt des Jupiters, die sich vor uns aufthut. In solcher Ferne des Weltraumes hat sich dieser Riesenplanet seine Herrschaft gegründet. Vier Monde begleiten ihn auf seiner weiten Reise um die Sonne, die fast 12 unserer Erdenjahre, genau 11 Jahre 314 Tage 20 Stunden 1 Minuten $8^1/_2$ Sekunden währt.

Gewiß haben Sie sich oft an dem wunderbar ruhigen Glanze dieses schönen Gestirns ergötzt, wenn Sie es am nächtlichen Himmel erblickten. Es erscheint dann zur Zeit seines höchsten Glanzes unter einem Durchmesser von 46 Sek., der sich in weiterer Ferne bis auf 30 Sek. verkürzte. Bei seinem überaus großen Abstande können Sie demnach schon auf die wirkliche Größe des Jupiter schließen. In der That übertrifft er den Erdball 1289mal an Volumen. Eine solche Riesengröße läßt auch eine gewaltige Masse dieses Weltkörpers erwarten, die ihre störenden Wirkungen weithin über die fernen kleinen Welten erstrecken muß.

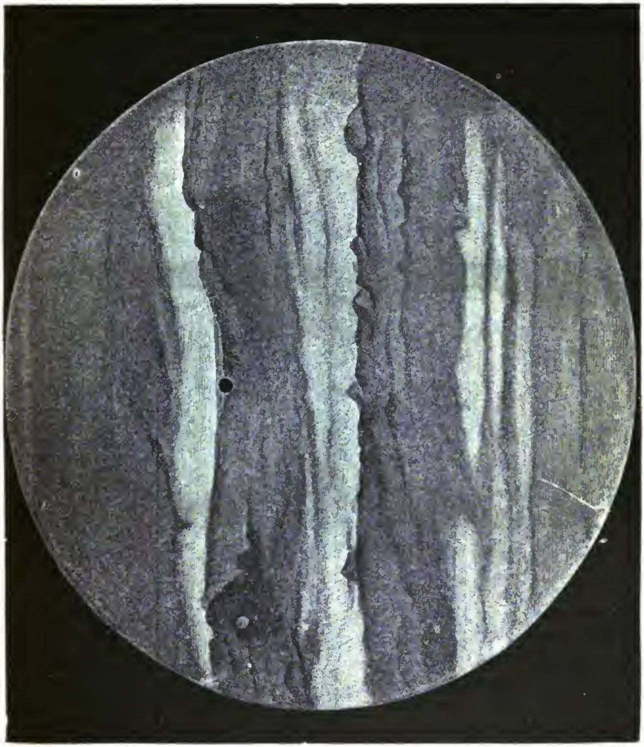
Aber diese Wirkungen eben, die sich so merklich im Laufe mancher Planeten ausprägen, sind auch das Mittel geworden, seine Masse zu berechnen. An seinen Monden, an den Planeten und Kometen, die in den Bereich seiner Anziehungskraft eintreten, hat man ihn gewogen. Allerdings entspricht diese Masse nicht ganz seiner gewaltigen Größe; sie übertrifft zwar immerhin noch die der Erde um das 343fache, aber sie müßte sie, nach ihrem körperlichen Inhalte zu schließen, 1289mal übertreffen. Diese verhältnißmäßig geringere Masse zwingt uns also eine geringere Dichtigkeit des Jupiterkörpers anzunehmen, so daß diese nur etwa 1/4 der Dichtigkeit unserer Erde beträgt, kaum 1 1/3mal die des Wassers übertrifft. Sie werden begreifen, von welcher Bedeutung das für unsere Erde, wie für die Ordnung unseres Planetensystems überhaupt ist. Allerdings bliebe die Anziehungskraft des Jupiter immer noch mächtig genug, um dieser Ordnung gefährlich zu werden, wenn nicht die Lage seiner Bahn seine Störungen wesentlich beschränkte. Die Bahn des Jupiter besitzt nur die geringe Neigung von 1° 19′ gegen die Ekliptik; er bewegt sich darum nahezu in gleicher Ebene mit unserer Erde, wie mit den meisten Planeten, und vermag darum wol ihren Lauf zu beschleunigen und zu verzögern, aber doch nicht geradezu die Ebenen ihrer Bahnen zu erschüttern.



Scheinbare Größen der Jupiterscheibe in größter, mittlerer und kleinster Entfernung von der Erde.

Noch fanden Sie auf allen den Welten, denen wir bis jetzt begegneten und die Ihnen einen Blick in ihre Naturverhältnisse gestatteten, irdische Erinnerungen geweckt. Sie fanden einen ähnlichen Wechsel von Tag und Nacht, einen ähnlichen Verlauf der Jahreszeiten, ähnliche Atmosphären und wenigstens Spuren ähnlicher Oberflächengestaltung. Hier beginnt Alles fremdartiger zu werden. Das zeigt sich schon in den allgemeinsten kosmischen Bedingungen des physischen Lebens auf diesem Weltkörper, in seiner Rotation und Axenstellung. Sie wissen bereits, wie die Rotation eines Planeten beobachtet und gemessen und wie die Bewegung gewisser mehr oder minder beständiger Flecken auf seiner Scheibe dazu benutzt wird. Die Jupiterscheibe hat bei der außerordentlichen Ausdehnung, die sie im Fernrohre zeigt, schon sehr früh eine solche Gelegenheit geboten. Schon im Jahre 1665, also nur einige 50 Jahre nach der Erfindung des Fernrohrs,

beobachtete Cassini in Italien einen dunkeln Fleck auf der Jupiterscheibe, durch welchen er die Rotation des Planeten bestimmen konnte. Er fand für die Dauer derselben 9 St. 56′. Neuere Astronomen haben ein etwas abweichendes Resultat erhalten. Airy bestimmte sie zu 9 St. 55′ 21″, Mädler zu 9 St. 55′ 26″. Das ist eine Schnelligkeit der Bewegung, eine Kürze der Tage, wie sie bisher ohne Beispiel dasteht unter den Welten, zu denen unsere Wanderung uns führte.

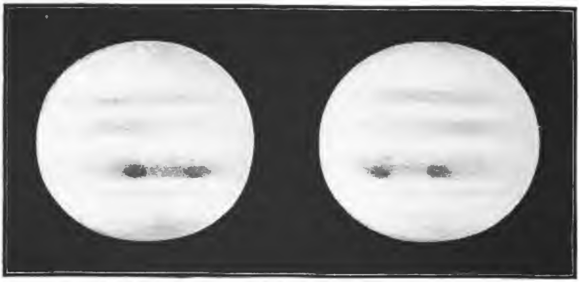


Ansicht des Planeten Jupiter mit seinen Streifen und Banden, nebst einem darüber hinziehenden Trabantenschatten.

Schon im Fernrohre kann man in kurzer Zeit die Rotation des Jupiter bemerken, indem die Flecke auf seiner Scheibe rasch ihren Ort verändern. Sie sehen hier Seite 278 zwei Zeichnungen des Jupiter und seiner Flecke, welche am 23. Dezember 1834 in einem Zeitintervall von $37\frac{1}{4}$ Minuten von Mädler in Berlin entworfen worden sind. Sie erkennen sofort, daß die beiden dunkeln

Flecken ihren Ort gegen die Ränder der Scheibe während jener Zwischenzeit sehr augenfällig verändert haben. In Wirklichkeit durchläuft ein Punkt im Aequator des Jupiter in jeder Sekunde ungefähr 12 Kilometer, etwa 26mal mehr als ein Punkt im Aequator der Erde. Kaum 5 Stunden verfließen dort zwischen jedem Auf- und Untergang der Sonne, in kaum 5 Stunden durchwandelt das ganze Heer der Sterne den nächtlichen Himmel. Welch einen Anblick muß dieser von Minute zu Minute seine Physiognomie verändernde Sternhimmel gewähren! Und 10470mal muß dieser Wechsel von Tag und Nacht eintreten, ehe ein einziges dieser langen Jupitersjahre seinen Lauf beschließt! Diese zahllosen Tage bringen nicht einmal einen merklichen Wechsel. Die geringe Neigung seines Aequators gegen die Ebene seiner Bahn, die nur 3° 6′ beträgt, bedingt eine fast völlige Gleichheit der Tageslängen und verwischt die Unterschiede von Klimaten und Jahreszeiten.

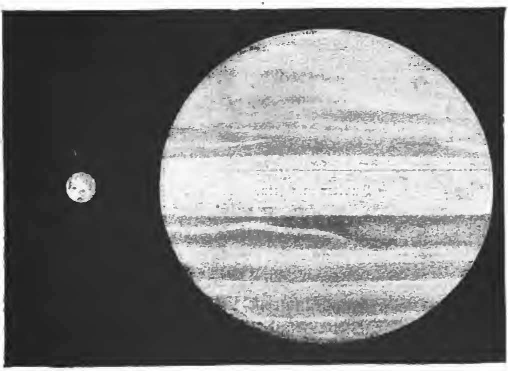
Unter 60° nördlicher oder südlicher Breite auf der Oberfläche des Jupiter beträgt der Unterschied zwischen dem längsten und kürzesten Tage noch nicht 36 Minuten und in 3 Grad Entfernung von einem seiner Pole ist die Dauer des längsten Tages erst 21 Stunden.



Veränderung der Lage der Jupiterflecken nach 37 Minuten.

Ich habe Ihnen soeben mitgetheilt, daß verschiedene Astronomen die Umdrehungsdauer des Jupiter bestimmten. Die Resultate dieser Untersuchungen stimmen nahe überein, aber sie zeigen doch Unterschiede, welche größer sind als die möglichen Beobachtungsfehler. Daraus folgt, daß die dunklen Flecke, durch welche man die Rotationsdauer bestimmte, keine festen Punkte, sondern vielmehr atmosphärische Produkte des Jupiters sind, die ihre Lage selbst verändern. Schon im vorigen Jahrhunderte hat man die Ansicht aufgestellt, daß diese Bewegung der Jupiterflecke von Winden herrühre, die in den Aequatorgegenden des Jupiter ähnlich wie unsere Passatwinde wehen. Aber dieser Ansicht, die auch von Herschel getheilt ward, steht die Richtung der Bewegung entgegen. Während unsere Passatwinde aus einem Zurückbleiben der Atmosphäre hinter der Rotationsbewegung hervorgehen, müßte auf dem Jupiter die Strömung der Luftschichten und Wolken der Rotation voraneilen. Auch die Geschwindigkeit

dieser Bewegungen ist außerordentlich groß. Julius Schmidt fand im Jahre 1865 zwei dunkle Flecken auf der südlichen Hälfte des Jupiter, welche sich in jeder Sekunde mit einer Schnelligkeit von 90 bis 100 Meter von West nach Ost bewegten. Ein gleichzeitig sichtbarer heller Fleck auf der nördlichen Halbkugel des Jupiter besaß eine eigene Geschwindigkeit von 225 Fuß in der Sekunde. Das übertrifft weitaus die Schnelligkeit unserer wüthendsten Stürme. Es bleibt also jedenfalls noch etwas Unerklärliches in dieser Erscheinung zurück. Gleichwol deuten auch andere Zeichen auf das Vorhandensein äquatorialer Strömungen auf dem Jupiter. Man erblickt nämlich stets gegen die Mitte seiner Scheibe zwei ziemlich dunkle, graubraune Streifen, welche fast parallel mit dem Aequator verlaufen und zwischen sich eine hellglänzende Zone einschließen. Andere nicht minder deutlich erkennbare Streifen schließen sich an diese an, die aber immer schmaler und matter werden, je näher sie den Polen liegen, um hier endlich in ein mattes, bleifarbenes Grau überzugehen. Diese Streifen zeigen sich im Allgemeinen sehr beständig, und nur ihre Begrenzungen sind veränderlich.

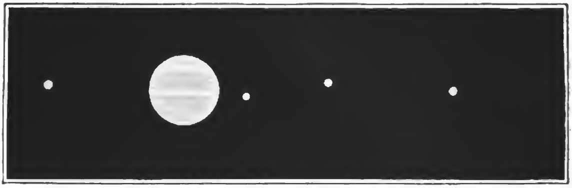


Jupiter und die Erde in ihrem wahren Größenverhältniß.

In seltenen Fällen nur schienen sie ganz verschwunden oder durch lichtere Streifen ersetzt zu sein. Gegen die Ränder der Jupiterscheibe hin nehmen sie ebenso wie die Flecken an Deutlichkeit ab oder verschwinden völlig. Auch diese Streifen hat man als die Wirkung von Strömungen in einer theilweise durch Wolkenschichten verdichteten Atmosphäre zu erklären geglaubt. Die leuchtenden Streifen sollen durch die kräftigere Reflexion des Sonnenlichtes in den mit Wolken bedeckten Zonen hervorgerufen werden, während die dunkleren Streifen die Folge eines schwächeren Reflexionslichtes an der festen Oberfläche des Planeten wären, die wir durch eine heitere, dunstfreie, von den Passatwinden beständig gereinigte Atmosphäre durchscheinen sähen. Daß alle diese Streifen, die hellen wie die dunklen, gegen die Ränder hin verschwinden, würde sich dadurch erklären, daß sowol die verminderte Helligkeit der einen durch die schiefe Lage, in welcher die

Wolken des mittleren Streifens sich uns am Rande darbieten, als die wachsende Lichtstärke der anderen infolge der größeren Ausdehnung der den dunkeln Streifen entsprechenden Atmosphäre gegen die Ränder hin sich so weit ausgleichen, daß die dunkeln und hellen Streifen in der Nähe des Randes dieselbe Lichtstärke zeigen müssen. Die Figur (S. 279) zeigt Ihnen ein Bild der Streifen des Jupiter. Die kleine Scheibe links ist die Erde, nach ihrem wahren Größenverhältniß zum Jupiter.

Sie werden aus der Zeichnung erkennen, daß die Jupiterscheibe nicht kreisförmig ist und in der That zeigt dieser Planet, entsprechend seinem raschen Umschwunge, eine beträchtliche Abplattung an seinen Polen, so daß der Polardurchmesser um etwa 1000 Meilen kürzer ist, als der Aequatorialdurchmesser. Das Spektrum des Jupiter ist durch verschiedene Streifen, besonders ein dunkles Band im Roth charakterisirt. Wahrscheinlich werden die Sonnenstrahlen bei ihrem Durchdringen der Jupiteratmosphäre zum Theil absorbirt.



Jupiter und seine vier Trabanten.

Aber nicht einsam wandelt der Jupiter seine ferne Himmelsbahn. Selbst einer Sonne gleich an Größe und Macht, hat er auch eine Schar beherrschter Trabanten um sich versammelt. Schon der erste Beobachter, der sein Fernrohr auf den Jupiter richtete — und man bezeichnet als solchen bald den deutschen Astronomen Simon Marius, bald und mit zweifellosem Rechte den berühmten Galilei, und als die Zeit ihrer Entdeckung für den ersteren den 29. Dezember 1609, für den letzteren den 7. Januar 1610 — erblickte diese Trabanten oder Monde als kleine Lichtpunkte zur Seite der glänzenden Scheibe. Die geschärftesten Fernröhre der neueren Zeit haben ihre ursprüngliche Zahl 4 nicht vermehrt. Stets erscheinen sie in fast gerader Linie, bald zu zwei auf jeder Seite der Scheibe, bald 3 im Osten, einer im Westen, bald sämmtlich auf derselben Seite. Seltsam genug leuchten sie in etwas verschiedenen Farben, der erste und dritte in lebhaftem Weiß, der zweite bläulich, der vierte in orange oder röthlichem Lichte, ob infolge besonderer Eigenthümlichkeiten ihrer festen Massen oder einer lichtbrechenden Wirkung ihrer Atmosphären, muß unentschieden bleiben.

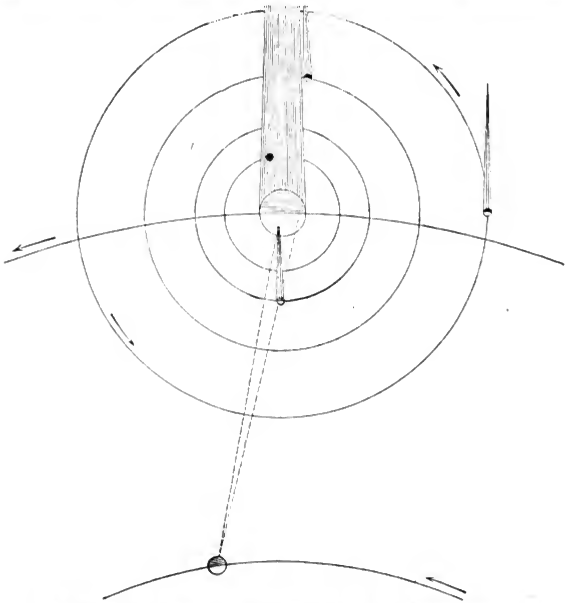
Sie werden sicherlich davon gehört haben, daß es zu Zeiten einzelne Menschen gegeben habe, welche die Jupitersmonde mit bloßen Augen zu sehen im Stande gewesen wären, und daß daher auch manche Völker, wie die Japanesen und vielleicht einige sibirische Stämme, eine Kenntniß von ihrem Dasein lange vor der Erfindung der Fernröhre gehabt hätten. Zu leugnen ist nun die

Möglichkeit einer solchen Sichtbarkeit keineswegs. Die Jupiterstrabanten zeigen Scheiben von 1—1½ Sekunden Durchmesser, könnten uns also wol als Sterne 6. Größe sichtbar werden. Für den gewöhnlichen Beobachter verschwinden aber diese kleinen Scheiben in dem falschen Lichte der Strahlen, mit dem sich der Jupiter wie jeder starkleuchtende Punkt für das unbewaffnete Auge nach allen Seiten einhüllt. Allerdings ist es unzweifelhaft, daß in dieser Beziehung große Unterschiede zwischen den verschiedenen Augen bestehen, daß für das eine die Strahlen nur eine Länge von 3—5, für das andere von 12—15 Minuten erreichen. Nun stehen die Monde in Abständen von 2, 3, 5 und 9 Minuten von der Jupiterscheibe. Es ließe sich also wol denken, daß in gewissen, ausnahmsweise scharfen Augen sich das Bild des Jupiter nur mit Strahlen von 1—2 Minuten Länge ausbreitete, und daß es diesen darum gestattet sei, jene Trabanten ohne optische Hülfsmittel zu erblicken. Wenn aber damit auch für besonders begabte Augen die Möglichkeit, die Jupiterstrabanten mit bloßen Augen zu sehen, zugegeben wird, so dürfte doch die Behauptung einer solchen Begabung nicht immer zweifellos hinzunehmen sein. Der Betrug spielt hier leicht eine eben solche Rolle, wie er sie bei der magnetischen Hellseherei oder gar Tischklopferei unserer Tage gespielt hat. Arago erzählt davon ein sehr auffallendes Beispiel. Zu Anfang dieses Jahrhunderts machten zwei Schwestern in Hamburg dadurch allgemeines Aufsehen, daß sie die beiden entferntesten Jupitersmonde deutlich und ohne Schwierigkeit erblickten. Als ein Astronom sie endlich auf die Probe stellte, zeigte sich, daß sie stets rechts vom Jupiter sahen, was in Wahrheit links stand, und diese seltsame Verwechselung klärte sich sehr leicht dadurch auf, daß die beiden Mädchen sich in ihren Angaben nach den Zeichnungen im Berliner Jahrbuche richteten, in welchem zur Bequemlichkeit der Astronomen die Stellungen der Monde und des Planeten nicht wie sie wirklich sind, sondern wie sie in den gewöhnlichen Fernröhren erscheinen, abgebildet waren. Professor Heis, der ein außerordentlich scharfes Auge besitzt, erklärt, niemals einen Jupitertrabanten ohne Fernrohr wahrnehmen zu können. Einmal sah er allerdings einen schwachen Stern dicht neben Jupiter, aber es war dies der Gesammteindruck von zwei Monden, die gerade sehr nahe bei einander standen.

Da Sie jedenfalls Ihre erste Kenntniß von den Jupiterstrabanten dem Fernrohre verdanken, so wird Ihnen auch neu sein, was ich Ihnen Näheres über diese kleine Jupiterswelt, wie sie Galilei sehr passend nannte, mitzutheilen habe.

Das Gebiet des Jupiter wird durch diese Monde, die sich in fast kreisförmigen Bahnen und nahe in der Ebene des Aequators um ihren Centralkörper bewegen, auf 500,000 Meilen erweitert. Denn der äußerste dieser Monde nimmt einen Abstand vom Mittelpunkte des Jupiter ein, welcher 27 seiner Halbmesser entspricht, während der nächste allerdings ihm auf 6 solcher Halbmesser nahe steht — eine außerordentliche Nähe gegenüber dem Abstande unseres Erdmondes von unserer Erde, der, wie Sie wissen, über 60¼ Erdhalbmesser beträgt. Geringer freilich ist der Zuwachs an Gewicht, der dem Jupiter durch diese Monde wird. Allerdings ist der kleinste unter ihnen, der zweite, unserem Mond fast gleich, denn er mißt 457 Meilen im Durchmesser, und der größte, der dritte, kommt sogar an Körperumfang dem Mars nahe, — er mißt 746 Meilen.

Aber ihre Gesammtmasse beträgt doch kaum den 6000sten Theil von der Masse des Centralkörpers. Die Masse der einzelnen Monde ist übrigens mit großer Genauigkeit ermittelt, was man in Betreff der Größen der Monde keineswegs behaupten kann. Das erklärt sich sehr leicht. Die Messung der Größe hängt ab von Beobachtungen, von Messungen scheinbarer, sehr kleiner Durchmesser, die nicht allein mit den gewöhnlichen Beobachtungsfehlern behaftet, sondern auch durch Unsicherheit in den Umrissen getrübt sein können. Für die Bestimmung der Massen aber geben die Monde für einander außerordentlich feine Wagen ab, durch die Störungen, die sie wechselseitig in ihrem Laufe hervorbringen. So sind ja auch die Monde die sicherste Wage für die Masse des Jupiter selbst geworden.

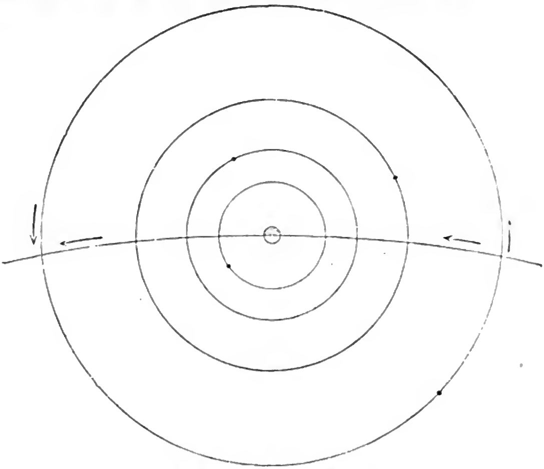


Erklärung des gleichzeitigen Verschwindens von drei Jupitersmonden.

Drückt man die mittleren Abstände dieser Monde durch Jupiter-Halbmesser aus, so ist die Distanz des ersten = 6, des zweiten = $9\frac{1}{2}$, des dritten = $15\frac{1}{5}$, und des vierten = 27. In diesen Abständen prägt sich eine Art von Gesetzmäßigkeit aus, denn man erhält sie sehr nahe durch folgende Reihe:

1. Mond: $1 \times 3\frac{2}{5} + 1 \times 2\frac{1}{2} = 5\frac{9}{10}$,
2. „ $2 \times 3\frac{2}{5} + 1 \times 2\frac{1}{2} = 9\frac{1}{3}$,
3. „ $3 \times 3\frac{2}{5} + 2 \times 2\frac{1}{2} = 15\frac{1}{5}$,
4. „ $5 \times 3\frac{2}{5} + 4 \times 2\frac{1}{2} = 27$.

Vergleicht man die synodischen Umlaufszeiten der Monde mit einander, so findet sich, daß 247 Umläufe des ersten gleich sind 123 Umläufen des zweiten und ebenso 61 Umläufen des dritten Mondes, nämlich 437 Tage 4 Stunden. Daraus folgt, daß auch die Unregelmäßigkeiten der Verfinsterungen in eine Periode von dieser Dauer eingeschlossen sind, eine Thatsache, welche für die beiden innersten Monde bereits von Bradley aus den Beobachtungen erkannt wurde. Ferner hat Laplace gefunden, daß die mittlere Winkelbewegung des ersten Mondes + der doppelten mittleren Bewegung des dritten gleich ist der dreifachen mittleren Winkelbewegung des zweiten Mondes, sowie, daß die mittlere Länge des ersten Mondes — der dreifachen mittleren Länge des zweiten + der doppelten mittleren Länge des dritten Mondes stets fast genau 180 Grad beträgt.



Bahnen der Jupitersmonde.

Aus dem letzteren Ergebnisse jenes Forschers folgt, daß die drei innersten Monde des Jupiter nie gleichzeitig verfinstert werden können. Nichtsdestoweniger können sie aber doch für den Beobachter von der Erde aus gleichzeitig unsichtbar sein, wie Sie aus der Figur (S. 284) erkennen werden. Hier sind zwei Satelliten verfinstert und der dritte steht vor der Scheibe, so daß für den Anblick von der Erde aus nur der vierte Satellit neben dem Jupiter zu sehen ist. Ja, in seltenen Fällen kann es vorkommen, daß Jupiter ganz ohne Satelliten gesehen wird. Dies ereignete sich z. B. in der Nacht vom 21. zum 22. August 1867, wo Jupiter von 10 Uhr 13 Minuten bis 11 Uhr 58 Minuten mittlerer Zeit von Paris ganz ohne Satelliten erschien. Damals war der zweite seiner Monde verfinstert, während der erste, dritte und vierte vor der Scheibe standen. Ich habe Ihnen schon die eigenthümliche Lage der Bahnen dieser Monde, ihre geringe Neigung gegen die Aequatorialebene des Jupiter erwähnt.

Eine Folge davon wie von der Größe des Jupiterkörpers ist nun, daß jeder dieser Monde bei jedem seiner Umläufe eine Sonnen- und Mondfinsterniß für den Jupiter bewirkt. Nur der vierte Mond kann seiner etwas größern Neigung wegen bisweilen vorübergehen, ohne Finsternisse zu veranlassen. Sie können sich also denken, daß solche für uns Erdenbewohner so seltene Ereignisse hier eine ganz außerordentliche Häufigkeit haben müssen. Der erste dieser Monde vollendet ja seinen Umlauf in der kurzen Zeit von 42 St. 28 Min., und der fernste selbst gebraucht dazu nur 16 Tage 16 St. 32 Min. Es müssen sich daher ungefähr 4400 Mondfinsternisse und ebenso viele Sonnenfinsternisse im Laufe eines Jupiterjahres ereignen. Von der Erde aus lassen sich diese Ereignisse sehr gut und zwar etwa in nachfolgender Weise beobachten.

So oft ein Mond in den Schatten des Jupiter tritt, verschwindet er plötzlich wie ein erlöschendes Licht, und ebenso plötzlich tritt er wieder aus dem Schatten hervor. Wenn eine Sonnenfinsterniß sich für den Jupiter ereignet, so sieht man von der Erde aus den schwarzen Schatten des Mondes auf der Jupiterscheibe langsam dahin ziehen. Auch die hellen Monde sieht man dann deutlich in die Jupiterscheibe eintreten und erst gegen die Mitte hin ganz verschwinden, zum sicheren Beweise, daß der Jupiter eine Atmosphäre hat und darum am Rande schwächer leuchtet als in der Mitte. In diesen Finsternissen nun ist uns der sicherste Beweis gegeben, daß der Jupiter uns hauptsächlich nur das erborgte Licht der Sonne zurückstrahlt. Die Schatten der Monde sind vollkommen schwarz; also haben auch die beschatteten Stellen des Jupiter höchstens nur ein sehr geringes eigenes Licht. Daß aber der gewaltige Jupiter nicht ganz und gar des eigenen Lichtes entbehrt, ist durch Zöllner's photometrische Untersuchungen sehr wahrscheinlich geworden. Aus denselben ergiebt sich nämlich, daß die lichtreflektirende Kraft dieses Planeten 0,62 beträgt, oder daß fast $^2/_3$ des auffallenden Lichtes von ihm reflektirt zu werden scheinen. Diese reflektirende Kraft ist aber so groß, daß sie fast derjenigen des weißen Papiers oder des frisch gefallenen Schnees nahe kommt. Soll man aber den Jupiter aus einem so stark reflektirenden Stoffe zusammengesetzt denken? Das ist wol nicht wahrscheinlich. Allerdings wird man seiner wolkigen Hülle eine beträchtliche Reflexionsfähigkeit zuschreiben müssen, aber gleichzeitig darf man auch die Annahme machen, daß dieser Riesenplanet ein geringes eigenes Licht ausstrahlt. Die Schatten seiner Monde würden dann nur durch Kontrast so schwarz erscheinen.

Merkwürdig ist, daß die Jupitersmonde bei ihren Vorübergängen vor der Scheibe des Hauptplaneten in dem Maße sich weniger von dem hellen Hintergrunde abheben, als sie tiefer in die Scheibe einrücken, ja in den centralen Theilen derselben sogar als dunkle Flecke wieder erscheinen. So sah Tebutt am 15. April 1873 den dritten Jupitersmond, der sich Anfangs als heller Fleck von der Scheibe des Hauptplaneten abhob, später verschwinden und darauf als dunklen Flecken wieder sichtbar werden, der zuletzt fast ebenso schwarz erschien als sein Schatten. Auch der erste Mond, der um dieselbe Zeit eingetreten war, erschien zuerst als heller Fleck. Die gleiche Erscheinung zeigte der dritte Mond am 8. April und 14. Mai. Diese Erscheinung läßt sich am einfachsten in folgender Weise erklären: Da Jupiter, wie wir wissen, von einer dichten Atmosphäre

umhüllt ist, so müssen die gegen den Rand hin liegenden Theile beträchtlich dunkler erscheinen als die centralen. Ein Mond, der vor die Scheibe tritt, wird sich daher Anfangs hell vor seiner Umgebung abheben, dies aber immer weniger in dem Maße, als er sich dem Mittelpunkte nähert. Besitzt nun ein solcher Mond dieselbe lichtreflektirende Kraft wie der Planet Jupiter, so kann er höchstens neben seiner Umgebung verschwinden, aber niemals als dunkler Fleck erscheinen. In Wirklichkeit ist aber die lichtreflektirende Kraft Jupiters durchschnittlich dreimal größer als diejenige seiner Monde. Letztere müssen also, indem sie bei ihren Vorübergängen vor der Jupiterscheibe sich den centralen Theilen derselben nähern, von einem gewissen Abstande an dunkler als ihre Umgebung erscheinen. Wie groß dieser Helligkeitsunterschied ist, hängt davon ab, ob der betreffende Theil der Jupiterscheibe von helleren oder dunkleren Streifen bedeckt ist. Daß etwaige Flecken auf den Trabantenscheiben auch dazu beitragen, deren Dunkel zu erhöhen, ist klar. Um die Thatsache zu erklären, daß Tebutt den dritten Mond zuletzt fast ebenso dunkel sah als seinen Schatten, braucht man sich blos daran zu erinnern, daß Jupiter nur ein geringes eigenes Licht besitzt, also die Trabantenschatten nicht absolut schwarz erscheinen können.

Ich vermag Ihnen nicht gerade viel Aufklärung über die Naturverhältnisse dieser Monde zu versprechen, aber auch das Wenige wird Ihnen bei ihrer Kleinheit und Ferne überraschend genug erscheinen. Man hat nämlich in der That Flecken auf diesen Monden beobachtet, ähnlich denen, wie sie Ihnen von unserm Monde bekannt sind, die darum wol auch auf ein ähnliches Detail der Oberflächen schließen lassen. Allerdings sind diese Flecken nur sichtbar, wenn die Monde in ihrem Umlaufe vor der Scheibe des Jupiter erscheinen, und dieser Umstand erklärt das Seltsame, was darin liegt, daß man Details unterscheiden soll, wo doch das Ganze durch seine Kleinheit sich der Wahrnehmung entzieht. Sie wissen, daß ein sehr kleiner leuchtender Gegenstand niemals scharf begrenzt erscheint, sondern sich fast wie ein formloses Licht darstellt, von welchem nach allen Richtungen mehr oder weniger lange Strahlen ausgehen. Dies gilt auch von einem Jupitersmonde, wenn er außerhalb des Planeten erscheint; sein Bild ist verwaschen, und Strahlen verhindern die Sichtbarkeit jedes Fleckens. Sobald er aber vor den Planeten tritt, so muß sich seine Scheibe, wie klein sie auch sein mag, in aller Schärfe auf der Planetenscheibe darstellen; die Strahlen verschwinden und nichts hindert mehr die schwarzen Flecken zu sehen, die durch den Kontrast ihres Dunkels zu dem kräftigen Licht der Umgebung noch deutlicher hervortreten.

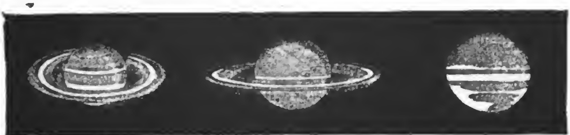
Man hat diese Flecken mit der Beobachtung in Zusammenhang gebracht, daß diese Monde auffallende Aenderungen in ihrer Helligkeit und scheinbaren Größe zeigen, Aenderungen, die regelmäßig in denselben Stellungen der Monde in Bezug auf den Jupiter und die Sonne wiederkehren. Man hat daraus den Schluß gezogen, daß sie uns abwechselnd alle ihre verschieden reflektirenden Seiten zukehren, daß sie aber eben darum dem Jupiter immer nur eine Seite zuwenden können, daß sie also eine Rotation besitzen, deren Dauer, wie bei unserm Erdmonde, genau mit den Zeiten ihres Umlaufes um den Hauptplaneten zusammenfällt.

Wir werden nun diese kleine Jupiterswelt verlassen, die uns gleichsam im Spiegel ein treues Abbild des großen Sonnensystems vorhält und dadurch einst außerordentlich viel zu schneller Verbreitung der Kopernikanischen Lehre beigetragen hat. Aber ich möchte nicht, daß es geschehe, ohne daß Sie zwei große historische Erinnerungen, die sich an sie knüpfen, mitnähmen. Die Entdeckung der Jupitersmonde ist die erste Frucht, welche die Erfindung des Fernrohres und seine Anwendung auf die Beobachtung der Gestirne trug, und die Beobachtung ihrer Finsternisse ist es gewesen, welche den dänischen Astronom Römer im Jahre 1675 zur Messung der Lichtgeschwindigkeit veranlaßte, auf welche dann Bradley später die überaus wichtige Entdeckung der Lichtabirrung gründete. Aber auch eine praktische Bemerkung nehmen Sie noch mit sich. Die Verfinsterungen der Jupitersmonde haben auch eine Bedeutung für die Bereicherung unserer geographischen Kenntnisse. Sie bieten uns die sichersten Mittel für die oft so schwierige Bestimmung der geographischen Längen, und schon Galilei war es, der darauf aufmerksam machte. Der Eintritt eines Jupitersmondes in den Kernschatten des Planeten, wie der Beginn seines Austrittes sind als augenblickliche und für Beobachter an den verschiedensten Orten der Erde, über deren Horizont der Jupiter sich gerade befindet, durchaus gleichzeitige zu betrachten. Es bedarf also nur einer Vergleichung der Uhren zweier Orte zur Zeit der Beobachtung eines solchen Vorganges, um den Längenunterschied beider Orte daraus abzuleiten. Durch die Ausbildung der Lehre von der allgemeinen Anziehung und genaue Berechnung der daraus folgenden Störungen im Laufe dieser Monde ist es jetzt gelungen, Tafeln zu entwerfen, welche die Ein- und Austritte der Monde für bestimmte Orte der Erde, etwa Paris oder London, mit großer Genauigkeit angeben. Dem Seefahrer freilich, der fern in den Wüsten der Meere mittels dieser kleinen Sterne den Lauf seines Schiffes richten will, tritt für jetzt noch die Schwierigkeit hindernd entgegen, welche die Beobachtung so kleiner Sterne mit Fernröhren von hinreichender Vergrößerung bei den beständigen Schwankungen des Schiffes mit sich bringt.

Ich will Sie nun einen Augenblick auf einen der Jupitersmonde führen, um Ihre Augen an der wunderbaren Scenerie des nächtlichen Himmels dieser fernen Weltgegend sich weiden zu lassen. Mehr als 1000 Vollmonden gleich an Größe, den Raum eines ganzen Sternbildes wie der Orion umfassend, leuchtet die gewaltige Scheibe des Jupiter, und neben dieser Riesenscheibe schmücken noch drei Monde den sternbesäeten Himmel. Fast volle zwei Erdentage währt diese Nacht, und um ihre Mitte sehen wir den Schatten unseres Mondes über die Jupiterscheibe hinziehen. Die Sonne geht auf, eine kleine blendende Scheibe, aber noch einmal unterbricht den Tag eine kurze, zwei Stunden lange Nacht, da der Jupiter vor die leuchtende Sonnenscheibe tritt. Und nur diese kurze Nacht ist eine wirkliche Nacht, so hell leuchtet die große Scheibe am nächtlichen Himmel.

Es hat eine Zeit gegeben, wo man den Plan einer schöpferischen Weisheit darin sehen wollte, daß dem Jupiter vier Monde zugesellt seien, als Ersatz für das kärglicher zugemessene Sonnenlicht. Man hat von dunkeln Jupitersnächten gesprochen, als ob die Abwesenheit einer fernern Sonne größeres Dunkel verbreiten könne, als die Abwesenheit einer nähern. Man hat von dem milden

Glanze jener Monde gesprochen, von einer Tageshelle, die sie über die nächtlichen Landschaften ausgössen, als ob vier Monde am Himmel das verrichten könnten, von denen nur einer in der Größe unseres Mondes, zwei nur $1/3$, der vierte sogar nur $1/12$ so groß erscheinen, und die insgesammt doch blos 15mal weniger Licht spenden als unser Mond, dessen Licht schon mehr als 600,000mal schwächer als unser Sonnenlicht ist. Sie werden für solche Weisheitsträume wenig Bestätigendes auf dem Jupiter gefunden haben. Es ließe sich ja, wenn man solche Zweckbestimmungen von Welten für einander gelten lassen wollte, kaum eine unweisere Einrichtung denken, als diese Stellung der Jupitersmonde in der Aequatorebene des Hauptkörpers. Gerade die Polargegenden, die in ihren sechsjährigen Winternächten noch am meisten des Mondlichtes bedürften, sehen wegen dieser Stellung nie einen Mond über ihrem Horizonte, und selbst die Aequatorgegenden verlieren noch durch die zahlreichen Finsternisse, die ihnen zumal stets den Anblick des Vollmondes rauben, fast ein Viertel ihres Mondscheines. Jene altklugen, spießbürgerlichen Anschauungen werden am besten durch solche Wanderungen zerstört, wie wir sie mit einander unternommen. In der Fremde lernt man erst fremde Selbständigkeit achten und vergißt es, beschränkte Maßstäbe an große Erscheinungen zu legen.



Scheinbare Größe des Saturn während seiner größten, mittlern und kleinsten Entfernung von der Erde

Wieder geht es nun hinaus in den Weltenraum. Immer weiter dehnen sich jetzt die Strecken, welche die Welten von einander trennen. Fast 90 Millionen Meilen haben wir zu durchfliegen, ehe wieder eine feste Welt uns Halt gebietet, und 190 Millionen Meilen liegt nun bereits die Sonne hinter uns, die nur noch als eine Scheibe von $3^1/_3$ Min. Durchmesser und mit 91mal schwächerm Lichte, als sie der Erde leuchtet, am Himmel glänzt. Eine Welt steigt vor uns aus der Nacht, die wunderbarste und großartigste aller Welten unseres Systems. Ich sage eine Welt, denn es ist nicht ein einfacher leuchtender Ball, sondern ein ganzes System von Körpern, zum Theil der seltsamsten Art, das diese Welt bildet. Auf 1,000,000 Meilen dehnt sich dieses Gebiet aus, in welchem der Saturn als mächtiger Herrscher thront, eine kleine Sonne gleichsam unter seinen Trabanten.

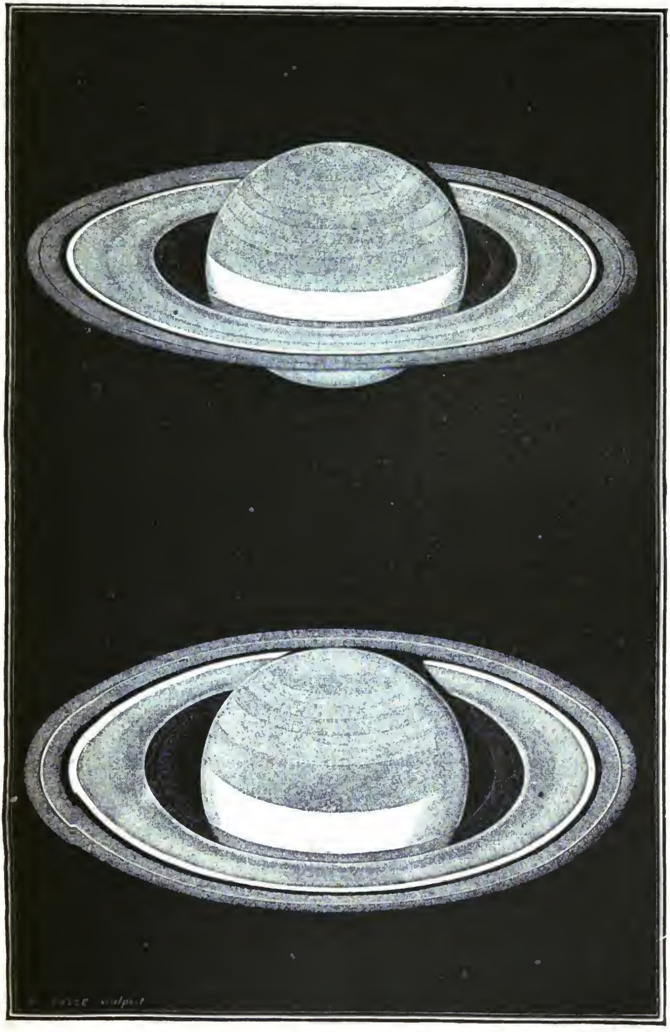
Wenn Sie von der Erde aus dieses Gestirn erblickten, so erschien es Ihnen als ein trüber gelblichrother Stern, dessen Durchmesser von 15 bis 20 Sekunden wechselte. In Wirklichkeit sehen Sie vor sich einen Ball, dessen Durchmesser 15,600 Meilen mißt, der an Größe 735mal unsere Erde übertrifft. Wenn schon dem Alterthum die außerordentliche Langsamkeit seiner Bewegung auffiel, so begreifen Sie diese jetzt aus der ungeheuern Ausdehnung seiner Bahn, die zu durchlaufen er fast $29^1/_2$ unserer Jahre oder 10,759 Tage 23 Stunden 16 Minuten 32 Sekunden gebraucht.

Die wunderbarste Erscheinung der ganzen Saturnwelt ist jedenfalls der Ring. Schon der erste Astronom, der das Fernrohr auf den Saturn richtete, Galilei, war verwundert und verwirrt über das seltsame Aussehen, das er ihm bot. Er erblickte im Jahre 1610 mit seinem kleinen, 30mal vergrößernden Fernrohre zwei Sterne zu seinen beiden Seiten, die nicht von ihm weichen wollten und ihn anscheinend selbst berührten. Er verglich sie in seiner Verlegenheit mit zwei Dienern, welche den alten müden Saturn auf seinem weiten Wege stützten.



Saturn und Erde in ihrem wahren Größenverhältniß.

Als aber zwei Jahre später diese Seitensterne unsichtbar wurden, da glaubte Galilei unmuthig durch ein Trugbild genarrt zu sein. Aber gerade das Verschwinden dieser Seitensterne oder Henkel, wie spätere Beobachter sie bezeichneten, wurde im Jahre 1659 für Huyghens die Veranlassung zur richtigen Erkenntniß dieser Erscheinung. Mit den von ihm selbst verfertigten großen Fernröhren hatte er mehrere Jahre hindurch den Saturn aufmerksam verfolgt und war dadurch zu der Ueberzeugung gelangt, daß die Kugel dieses Planeten in der Ebene ihres Aequators von einem dünnen, flachen, frei schwebenden Ringe umgeben sei. Daß diese Erklärung Anfangs sehr wenig Anklang fand, darf uns nicht befremden. Sie forderte in der That einen zu plötzlichen Wechsel der Anschauungen, die auf die höchste Einfachheit im Bau der Welten hinausgingen. Hier sollte nun ein dünner, fast scheibenartig flacher Ring die Saturnkugel umschweben, völlig frei, durch nichts als die Anziehungskraft an sie gebunden und von der Sonne erleuchtet wie der Planet selbst. Diese Ansicht war für viele der damaligen Gelehrten ein Stein des Anstoßes, selbst für Riccioli, der sonst in kühnen Annahmen und seltsamen Hypothesen ziemlich weit zu gehen pflegte.

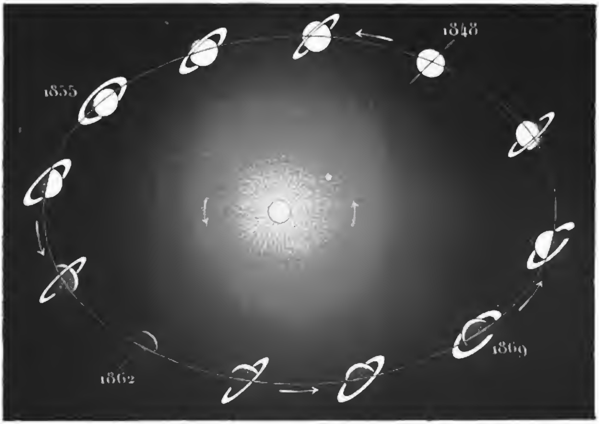


Ansichten des Planeten Saturn, nach Zeichnungen von Bond und Warren de la Rue.

Auch er fand die Behauptung von Huyghens unhaltbar. Dazu kam, daß man die Frage nach der äußeren Gestalt des Ringes mit derjenigen seiner Entstehung zusammenwarf, statt sich blos an das Thatsächliche zu halten. Als freilich dieser Ring sich geeignet zeigte, alle die mit der fortschreitenden Verbesserung der Fernröhre auffallender hervortretenden Sonderbarkeiten in den äußeren Umrissen dieses Gestirnes zu erklären, da hörte man auf an seinem Dasein zu zweifeln. Wenn wir diesen Ring von der Erde aus niemals in seiner wahren kreisrunden Gestalt erblicken, wenn er uns bisweilen sogar völlig verschwindet, so beweist dies, daß er gegen die Ebene der Saturnsbahn und, bei der geringen Neigung derselben gegen unsere Erdbahn, auch gegen diese eine schiefe Stellung einnimmt, so daß wir ihn stets von der Seite und verkürzt erblicken. Wenn er in dieser unveränderlichen Lage mit dem Saturnkörper die Sonne umkreist, so wird er uns 15 Jahre lang die eine, 15 Jahre lang die andere seiner Seitenflächen zuwenden. Während dieser Bewegung kann er natürlich in eine Stellung kommen — und es muß dies sogar zweimal in den beiden Knoten der Bahn eintreten — wo seine Ebene genau mit der Ekliptik zusammenfällt, also durch die Sonne geht. Dann kann keine seiner breiten Seitenflächen, sondern nur die uns zugewandte äußerste schmale Kante von der Sonne beleuchtet werden, und der Ring wird für uns völlig unsichtbar oder doch nur in sehr starken Fernröhren als schmaler Lichtstreifen erkennbar. Diese Unsichtbarkeit des Ringes dauert indeß nur kurze Zeit. Die zarte Lichtlinie öffnet sich bald wieder und bildet zu beiden Seiten der Planetenscheibe die sogenannten Henkel, die sich endlich so erweitern, daß sie die Scheibe fast umschließen. Dann beginnt abermals die Verschmälerung des Ringes, und abermals verschwindet er endlich. Dieser regelmäßige Verlauf der Erscheinung, der sich zweimal im Umfange eines Saturnjahres wiederholt, erleidet allerdings infolge der Bewegung der Erde einige Veränderungen. Auch die Erde kann nämlich eine solche Stellung einnehmen, daß die Ebene des Saturnringes entweder gerade durch die Erde oder zwischen Sonne und Erde hindurchgeht. In dem einen Falle wird uns dann nur die dunkle Kante, im anderen nur die dunkle, von der Sonne abgewandte Seite des Ringes zugekehrt, und in beiden Fällen bleibt er uns unsichtbar, oder wir sehen doch nur die dunkle Schattenlinie des Ringes auf der glänzenden Saturnscheibe. Diese Unsichtbarkeit des Ringes kann sogar Wochen und Monate lang für uns währen. Ich brauche Ihnen nicht erst zu sagen, daß die Lichtgestalten dieses Ringes sich aus den gegenseitigen Stellungen von Saturn, Sonne und Erde mit ebenso großer Genauigkeit vorher berechnen lassen, wie etwa die unseres Mondes, und Sie werden zugeben, daß bei solcher Uebereinstimmung zwischen Theorie und Beobachtung jeder Zweifel sich von selbst verbietet. Sie sehen auf der vorstehenden Tafel zwei Darstellungen des Saturn, wie sich dieser in den großen Fernröhren von Bond, Struve und Warren de la Rue darstellte. Die erste Zeichnung bezieht sich auf das Aussehen des Saturn im November 1852, die andere zeigt den Planeten, wie er im März 1856 sich darstellte. Zu dieser letzteren Zeit war der Ring nahezu am weitesten gegen die Erde geöffnet.

Wenden Sie Ihre Blicke zunächst auf den Saturnkörper selbst. Wie sich uns bei früheren Wanderungen durch die sonnennahen Regionen eine gewisse

Verwandtschaft der dort kreisenden Planeten unabweislich aufdrängte, so tritt uns hier in der Sonnenferne unseres Systems eine ähnliche Verwandtschaft der Welten entgegen. Nicht ihre Riesengröße allein, auch ihre Dichtigkeit, ihre Rotation, selbst die Naturbeschaffenheit ihrer Oberflächen scheint diesen Planeten gewissermaßen einen Familiencharakter aufzuprägen. Sie haben schon über die geringe Dichtigkeit des Jupiter gestaunt; die des Saturn ist noch weit geringer.



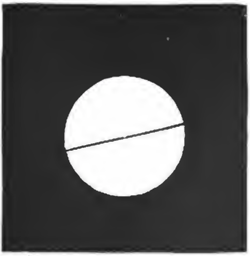
Erklärung der Phasen des Saturn.

Aus den Wirkungen seiner Anziehung auf benachbarte Weltkörper, namentlich auf seine Monde, war man im Stande, seine Masse zu schätzen. Man fand sie nur 103mal größer als die Erde, obgleich sein Körperinhalt doch den der Erde 735mal übertrifft. Daraus folgt eine außerordentlich geringe Dichtigkeit dieses Körpers, 7mal geringer als die Dichtigkeit der Erde und nur $^3/_4$ so groß als die des Wassers. Der scheinbare Durchmesser des Saturn in mittlerer Entfernung von der Erde beträgt nach den genauen Untersuchungen von Bessel in der Ebene des Aequators 17,05″, von Pol zu Pol 15,38″, und daraus folgen jene in Meilen ausgedrückten Dimensionen der Saturnkugel, welche ich Ihnen früher bereits mittheilte. Es ist nun eigenthümlich, daß fast alle anderen Beobachter den Saturn beträchtlich größer finden als Bessel. So ergaben für den Durchmesser des Saturnäquators die Messungen von Arago 17,70″, von Lassell 17,45″, von Struve 17,99″, von Jacobs 17,94″, von Secchi 17,66″.

Diese Messungen weichen unter einander selbst bedeutend ab; was aber auch immer der Grund der von den genannten Astronomen gefundenen Vergrößerung des scheinbaren Durchmessers der Saturnkugel sein mag, jedenfalls verdienen nach dem gegenwärtigen Zustande der Wissenschaft die Messungen Bessels den Vorzug.

Wie in Betreff der Dichtigkeit, so zeigt Saturn auch in seiner Rotation eine große Uebereinstimmung mit dem Jupiter. William Herschel bestimmte sie im

Jahre 1794 aus der Beobachtung einiger dunklen Flecken oder vielmehr knotenartigen Verdichtungen in den Streifen des Saturn und fand für ihre Dauer 10 Stunden 29 Minuten 17 Sekunden. Seine Bewegung ist also zwar nicht ganz so schnell als die des Jupiter, aber noch immer mehr als doppelt so schnell als die der sonnennahen Planeten, und schnell genug, um eine besonders starke Abplattung erwarten zu lassen. Diese war denn auch in der That schon längere Zeit vorher von Herschel beobachtet und gemessen worden. Sie beträgt nach den Messungen Bessels $1/_{10,2}$ des Durchmessers und ist somit die bedeutendste im ganzen Planetensystem, bedeutender selbst als die des schneller rotirenden Jupiter, dessen Abplattung nach Arago nur $1/_{17}$, nach Beer und Mädler sogar nur zwischen $1/_{18,7}$ und $1/_{21,6}$ beträgt. Eine so außerordentliche Abplattung läßt sich nur erklären, wenn man eine gegen die Oberfläche abnehmende Dichtigkeit des Saturn annimmt. Völlig unerklärlich würde aber sein, was Herschel gleichzeitig und mit den verschiedensten und schärfsten Fernröhren am Saturn beobachtet haben wollte. Die Gestalt des Saturn sollte nämlich nicht elliptisch sein, wie es die Rotation bedingt, sondern mehr einem an den Ecken abgerundeten Rechtecke gleichen. Kein Beobachter neuerer Zeit hat eine solche Unförmlichkeit des Saturn wieder gesehen, und trotz der großen Autorität wird nicht leicht noch Jemand daran glauben.



Anblick des Saturn, wenn die Erde in der Ebene seiner Ringe steht.

An der Oberfläche des Planeten bemerken Sie endlich dieselben bandartigen Streifen, die schon den Jupiter auszeichneten. Sie wurden zuerst wahrgenommen von Dominicus Cassini im Jahre 1683, auch Huyghens scheint sie bemerkt zu haben. Diese Beobachtungen waren jedoch mehr oder weniger unsicher und erst Messier gelang es, in den Jahren 1762 und 1766 jene Gebilde bestimmt zu beobachten. Im Jahre 1776 sah derselbe Astronom einen größeren, grauen, den Jupitersbanden ähnlichen Streifen. Genauere Wahrnehmungen beginnen erst mit W. Herschel. Seine mächtigen Teleskope zeigten, daß jene Streifen ähnlich wie beim Jupiter nicht konstant, sondern veränderlich sind. Nur sind sie beim Saturn breiter, aber auch matter und mehr gekrümmt. Die meisten dieser Streifen deuten auf einen atmosphärischen Ursprung hin. Nur der graue Aequatorialstreifen besitzt Beständigkeit und soll auch nach Mädler bis zu den Rändern des Planeten fortlaufen, so daß er also der eigentlichen Oberfläche des Planeten angehören müßte, nach Mädler wol gar eine Ansammlung von Flüssigkeit, eine Art großer Flutwelle wäre, die durch die Anziehung des über ihm schwebenden Ringes in der Aequatorialzone erzeugt würde. Doch ist nicht zu vergessen, daß hierbei an Wasser von der Dichtigkeit unseres irdischen durchaus nicht gedacht werden kann. Die mittlere Dichtigkeit des Saturn beträgt ja nur $1/_7$ von derjenigen der Erde, sie ist also geringer als diejenige des Wassers. Dazu kommt, daß nach physikalisch-mechanischen Gesetzen die Dichtigkeit des Planeten von der Oberfläche gegen den Mittelpunkt hin zunehmen muß. An der Oberfläche des

Saturn muß daher die durchschnittliche Dichtigkeit der dort befindlichen Materie geringer sein als die mittlere des gesammten Planeten, kann also um so weniger diejenige des Wassers erreichen. Wir dürfen daher in keinem Falle annehmen, Saturn besitze an seiner Oberfläche große Meere, überhaupt Wasseransammlungen. Dem scheint nun freilich eine Beobachtung des älteren Herschel zu widersprechen, welche, wenn sie völlig einwurfsfrei und von anderen Astronomen bestätigt wäre, allerdings direkt das Vorhandensein von Wasser in gewissen Formen auf dem Saturn bewiese. Herschel fand nämlich, daß die Polarregionen dieses Planeten zur Zeit, wenn sie Sommer haben, weit weniger hell erscheinen, als in der entgegengesetzten Jahreszeit. Aehnliche Wahrnehmungen will auch Schröter gemacht haben; allein so lange solche feinen und schwierigen Beobachtungen nicht durch genaue photometrische Messungen unterstützt werden, wird man gut thun, weitere Schlüsse aus ihnen nicht zu ziehen. Ein ziemlicher Kontrast der Jahreszeiten ist beim Saturn allerdings durch die schiefe Stellung der Axe bedingt, aber ob man dabei auch an Schnee- und Eismassen denken darf, ist mehr als fraglich. Daß Saturn eine Atmosphäre besitzt, ist unzweifelhaft. Schon frühere Beobachter wollen bisweilen bemerkt haben, daß kleine Fixsterne, in deren Nähe der Planet bei seiner Fortbewegung am Himmelsgewölbe kommt, eine beträchtliche Abnahme ihrer Helligkeit zeigen, kurz ehe sie hinter dem Rande der Saturnscheibe verschwinden. Eine solche Erscheinung müßte eintreten, wenn Saturn eine beträchtliche Atmosphäre besäße und man hat daher rückwärts auf diese geschlossen. Aber keiner der früheren Astronomen hat daran gedacht, daß diese Atmosphäre, wenn sie wirklich jene Schwächung des Lichtes der Fixsterne hervorriefe, eine ganz ungeheuere Höhe und Dichtigkeit besitzen müßte. Nehmen wir einmal an, daß die Schwächung des Lichtes sich blos in 2 Sekunden Abstand von dem Rande der Saturnscheibe bemerklich machte. Diese zwei Bogensekunden entsprechen einer wirklichen Höhe von 1800 geogr. Meilen, und in dieser Höhe müßte die Atmosphäre des Saturn so dicht sein, daß sie den hindurchgehenden Lichtstrahl in deutlich erkennbarem Maße abschwächte. Blicken wir nun auf unsere Atmosphäre und berücksichtigen wir die Abnahme der Dichte mit der zunehmenden Höhe, so finden wir, daß bei der Erdatmosphäre schon in 30 Meilen Höhe die Luft eine Viertelbillion mal dünner ist, als an der Erdoberfläche, also eine Verdünnung besitzt, die praktisch mit der gänzlichen Abwesenheit der Luft ziemlich gleichbedeutend ist. Hieraus kann man schließen, daß die Atmosphäre des Saturn eine ganz eigenthümliche Beschaffenheit haben müßte, wenn sie noch in 1800 Meilen Höhe so dicht wäre, wie jene alten Beobachter glauben. Die Erscheinung der abnehmenden Lichtstärke eines dem Rande des Saturn (und jedes andern hellen Planeten) naherückenden Fixsternes muß vielmehr auf physiologische Gründe zurückgeführt werden und hängt zusammen mit der Reizung der Netzhaut durch das helle Licht des benachbarten Planeten.

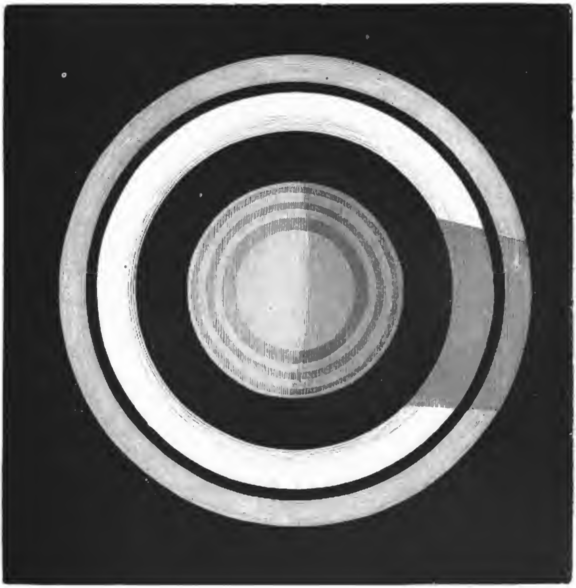
Wenn man dennoch die Existenz einer Saturnatmosphäre behaupten darf, so stützt diese Behauptung sich zunächst auf die Thatsache, daß die dunkeln Streifen der Planetenkugel niemals bis zum Rande der Saturnscheibe verfolgt werden können. Eine fernere Stütze dieser Ansicht bieten die Ergebnisse der spektroskopischen Untersuchung dar. Nach den Untersuchungen von Secchi und beson-

ders von Vogel zeigt das Spektrum des Saturn mehrere Abweichungen vom Sonnenspektrum, vorzüglich im rothen und orangen Theile. Dort zeigen sich einige dunkle Banden, die theilweise mit Liniengruppen des Absorptionsspektrums unserer Atmosphäre zusammenfallen. Die blauen und violetten Strahlen erleiden eine gleichmäßige Absorption beim Durchgange durch die Atmosphäre des Saturn. Es ist dies, wie Vogel hervorhebt, besonders auffallend im Spektrum des dunklen Aequatorialgürtels. Im Allgemeinen besitzt das Spektrum des Saturn eine große Uebereinstimmung mit demjenigen des Jupiter.

Richten Sie jetzt Ihre Blicke auf den Ring des Planeten, und ich will versuchen, ob ich Ihnen auch hier einigermaßen befriedigende Aufschlüsse geben kann. Daß Sie es hier nicht etwa mit einem bloßen Lichtmeteor oder auch nur einer bloßen Dunsthülle, wie noch sehr wissenschaftliche Männer der letzten Jahrhunderte glaubten, sondern mit einer wahrhaft körperlichen Welt zu thun haben, das geht schon aus dem schwarzen Schatten hervor, den dieser Ring auf den Körper des Saturn wirft. Sie haben darin zugleich wieder einen Beweis, daß auch der Saturn ein an sich dunkler Körper ist und sein Licht nur von der Sonne empfängt. Für den Ring liefert der dunkle Schatten, welchen der Saturn auf seine entferntere Seite wirft, denselben Beweis. Aber Sie haben auch aller Wahrscheinlichkeit nach nicht blos einen Ring, sondern eine Mehrzahl von Ringen vor sich, die wol gar noch in einer inneren schöpferischen Beweglichkeit begriffen sind. Schon Cassini erkannte im Jahre 1675 einen dunklen Streifen in dem Ringe, welcher seinen Rändern parallel den Ring in zwei ungleiche Theile scheidet, von denen der innere und zugleich bei weitem breitere sehr hell, der äußere dagegen etwas dunkler erscheint, so daß sie ihn an die Unterschiede polirten und matten Silbers erinnerten. Man nennt diese dunkle Linie die Cassini'sche Trennung und Sie nehmen sie auf den vorstehenden beiden Zeichnungen des Planeten deutlich als schmalen, schwarzen Streifen wahr. William Herschel untersuchte mit seinen großen Instrumenten den Saturn in den Jahren 1789 bis 1792 genauer und fand, daß jene schwarze Linie auf beiden Seiten des Ringes und stets in gleichem Abstande vom äußern Rande erscheint, daß sie beständig gleich breit und überall scharf begrenzt ist, daß sie unter günstigen atmosphärischen Verhältnissen völlig so schwarz erscheint, wie der dunkle Raum zwischen Ring und Planet. Er zog daraus den wichtigen und noch heute anerkannten Schluß, daß jene schwarze Linie eine wirkliche Theilung zwischen zwei konzentrischen Lagen des großen Ringes bezeichne.

Inzwischen hat man es bei dieser Doppelgestalt des Ringes nicht bewenden lassen. Schon längst hatte man auf dem äußern Ringe zahlreiche zarte Streifen und Linien bemerkt, die aber eine große Veränderlichkeit zeigten. Nun haben aber Enke in Berlin und de Vico in Rom noch drei solcher feiner schwarzer Linien, eine auf dem äußeren, zwei auf dem inneren Ringe entdeckt, die sie ihrer Schärfe und Beständigkeit wegen für wirkliche Theilungen gehalten wissen wollen. Sollte auch diese Annahme sich bestätigen, so hätten wir bereits ein System von fünf konzentrisch den Saturn umschwebenden Ringen. Eine noch interessantere Beobachtung wurde in den letzten Monaten des Jahres 1850 von dem amerikanischen Astronom Bond und von den englischen Astronomen Dawes und Lassell

gemacht. Sie erkannten nämlich deutlich innerhalb des bisherigen Ringsystems einen neuen, sehr lichtschwachen, dunklern Ring, der, durch eine schwarze Linie von den anderen getrennt, ungefähr ein Drittheil des bisher für leer angesehenen Raumes zwischen Ring und Planet ausfüllt. In dieser so auffallend sich mehrenden Theilung der Ringe haben geistreiche Astronomen unserer Tage sich versucht gefühlt, die Zeichen noch fortschreitender Gestaltungen und materieller Umwälzungen zu sehen, deren Schauplatz dieses seltsame, gleichsam noch in dem ersten Stadium der Schöpfung stehende System selbst heute wäre.



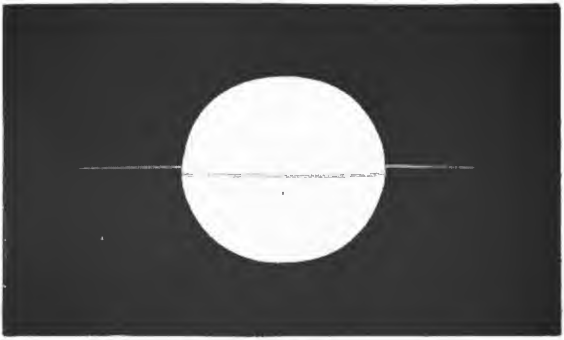
Anblick der Ringe des Saturn aus der Richtung seiner Pole.

Es ist dies um so wahrscheinlicher, als man sämmtliche Trennungen, mit Ausnahme der Cassini'schen, keineswegs immer wahrnimmt, sondern oft mit den stärksten Instrumenten vergebens sucht. Auch das ist merkwürdig, daß der Bond'sche „dunkle" Ring schon von Pound und Hadley mit sehr unvollkommenen Instrumenten wahrgenommen worden ist. Vielleicht war er damals intensiver.

Wenn Sie bedenken, daß die ganze Ausdehnung dieser Ringgebilde uns nur in der Breite von etwa 40 Sekunden, also kaum dem Durchmesser der Jupiterscheibe in ihrer mittleren Größe gleich, erscheint, so werden Sie auch begreifen, wie schwierig es ist, einigermaßen befriedigende Aufschlüsse über die

wirklichen Dimensionen ihrer einzelnen Theile zu gewähren. Die genauesten und zahlreichsten Messungen der Dimensionen des Saturnringes sind von dem ältern Struve ausgeführt worden. Hiernach beträgt der äußerste Durchmesser des Ringsystems 40" oder 37,000 geogr. Meilen. Der innere Durchmesser umspannt 26,67" oder 25,000 Meilen, die Breite des ganzen Ringsystems ist also 6000 Meilen. Die innerste Ringkante steht von dem nächsten Theile der Oberfläche des Planeten nur 4400 Meilen entfernt, das ist gleich dem elften Theile der Distanz unseres Mondes von der Erde. Die Breite der Cassini'schen Trennungsspalte beträgt 0,4" oder 380 Meilen. Die Dicke des Ringsystems muß sehr unbedeutend sein, denn wenn die Erde in der Ebene desselben sich befindet, verschwindet der Ring für die meisten Fernröhre. In sehr starken Instrumenten erblickt man dann das Ringsystem als feine, theilweise unterbrochene und hier und da durch hellere Punkte ausgezeichnete Linie. Die folgende Figur zeigt dies nach einer Zeichnung von Bond.

Es wird Ihnen schwer werden, sich eine Vorstellung von diesem sonderbaren Ringgebäude zu machen, ja Sie werden an der Möglichkeit einer solchen in der Luft gewölbten Riesenbrücke überhaupt zweifeln. Aus diesen Zweifeln kann ich Sie durch einige Rückerinnerungen aus der irdischen Mechanik befreien.



Aussehen des Saturn am 28. November 1848, nach Bond.

Wenn Sie z. B. einen Brückenbogen sich kühn über einen breiten Fluß spannen sehen, so fragen Sie nicht, warum der Schlußstein dieses Bogens dem Einflusse der irdischen Schwere nicht nachgiebt. Sie wissen, daß der Stein vermöge seiner Form nur dann sich von dem Gewölbe losreißen könnte, wenn die beiden benachbarten Steine, mit denen er in Berührung steht, entfernt würden. Das Fallbestreben des Steines ist also hier in einen doppelten, nach links und rechts auf die beiden Nachbarsteine ausgeübten Druck umgewandelt. Denken Sie sich nun ein solches Brückengewölbe in einer gewissen Höhe rings um die ganze Erde fortgesetzt, so wird jeder Stein darin als Schlußstein gelten können und der ganze Zug dieses Gewölbes nach unten in Seitenkräfte aufgelöst sein, die einander das Gleichgewicht halten. Momentan also würde eine solche Brücke, ohne

Stützen und Pfeiler einem Kranze gleich rings um den Aequator der Erde schwebend, wol Bestand haben können. Aber ich sage nur momentan; denn der dauernde Bestand dieses Gewölbes erfordert als nothwendige Bedingung, daß alle seine Theile gleichmäßig von der Erde angezogen werden. Jede einseitige Vermehrung oder Verminderung des Druckes, wie sie schon die Einwirkung des Mondes unvermeidlich macht, würde das Gleichgewicht zerstören und den Einsturz des ganzen Gewölbes zur Folge haben.

Und dennoch, werden Sie sagen, schwebt ja solch eine Brücke über dem Aequator des Saturn! Es müssen also hier jenen einseitigen Veränderungen der Schwere Vorrichtungen entgegengesetzt sein, durch welche sie ausgeglichen werden. Eine der wichtigsten Gegenwirkungen gegen die Schwere kennen Sie bereits in der Rotation. Aber diese reicht allein nicht hin. Wäre der Ring gleichförmig in allen seinen Theilen, so würde er dennoch durch die geringste Kraft, wie die Anziehung eines Satelliten, aus seinem Gleichgewicht gebracht werden können und in sich zusammenbrechen.



Der Saturn von seinem Ringe aus gesehen.

Also auch eine gewisse Unregelmäßigkeit der Gestalt, eine ungleiche Breite seiner verschiedenen Theile gehört zum Bestehen des Ringes, so daß sein Schwerpunkt nicht mit seinem geometrischen Mittelpunkte zusammenfällt, sondern eine gewisse Beweglichkeit besitzt, ähnlich der eines Satelliten, der sich um den Mittelpunkt des Saturn in einer von den Ungleichheiten der Ringe abhängigen Entfernung bewegen müßte. Uebrigens sind Rotation und excentrische Lage des Saturnringes, die erstere kurz nach dem theoretischen Nachweis Laplace's, die andere einige 30 Jahre später durch die Beobachtung festgestellt worden.

Von Zeit zu Zeit nimmt man nämlich auf der Oberfläche des Ringes kurz vor seinem Verschwinden oder bald nach seinem Wiedererscheinen gewisse Erhöhungen oder Ungleichheiten wahr, die unmöglich ihren Grund in einer bloßen Täuschung haben können. Will man sie also nicht für wirkliche leuchtende Flecke des Ringes halten, so bleibt nur übrig, sie auf irgend einen der Satelliten zurückzuführen. Schon Herschel machte aber im Jahre 1790 die Bemerkung, daß die Bewegungen derselben mit keinem der bekannten Satelliten in Einklang zu bringen seien. Er hätte nun auf einen neuen Trabanten schließen können. Aber die Umlaufszeit, welche sich aus der Bewegung jener Flecken ergab, betrug 10 Stunden 12 Minuten 15 Sekunden, und der angenommene Satellit hätte sich nach den bekannten gesetzlichen Verhältnissen, die zwischen Umlaufszeit und Entfernung bestehen, innerhalb der Ringe selbst bewegen müssen. Sie sehen also, daß Herschel genöthigt war, jene Flecken als den Ringen selbst angehörig zu betrachten und in jener Rotationszeit die des Ringes zu sehen. In der That entspricht diese Rotation fast genau der von Laplace theoretisch geforderten und steht zugleich in naher Uebereinstimmung mit der Rotation des Planeten selbst.

Auf die excentrische Lage des Saturnringes war schon zu Ende des 17. Jahrhunderts von dem französischen Geistlichen Gallet aufmerksam gemacht worden. Man hatte sie damals nicht beachtet. Erst im Jahre 1827 wurde diese Thatsache durch Schwabe in Dessau von Neuem entdeckt, und die Beobachtungen von Harding, Struve, John Herschel und James South bestätigen sie. Der Ring des Saturn umschwebt nicht genau konzentrisch die Kugel des Planeten; der Mittelpunkt der Kugel liegt vielmehr etwa $^2/_{10}$ Sekunden vom Mittelpunkte des Ringes.

Sie können sich denken, wie sehr man darüber nachgegrübelt hat, um eine faßliche Vorstellung von der materiellen Beschaffenheit dieser sonderbaren Welt zu gewinnen, wie tief Mancher sich selbst in die Abgründe der Phantasie gewagt hat, um hier eine Aufklärung zu finden. Die Einen meinten, der Ring sei am besten durch einen Kometenschweif zu erklären. Ein Komet sollte durch die Anziehungskraft des Saturn gezwungen sein, ihn zu umkreisen; da wäre denn sein Kern zu einem Satelliten, sein Schweif zum Ringe geworden. Andere wollten in dem Ringe den ehemaligen Aequatorgürtel des Planeten sehen, der entweder durch die Wirkung der Centrifugalkraft sich von demselben abgelöst habe oder bei einer schnellen Erstarrung und Abkühlung des früher weit ausgedehnteren Planeten zurückgeblieben sei. Noch Andere endlich stellten sich den Ring als einen Schwarm außerordentlich kleiner Satelliten vor, deren Bahnen einander so nahe lägen, daß sie uns in der großen Ferne als ein zusammenhängender Körper erschienen. Alle diese Erklärungen wurden aber von den thatsächlichen Erscheinungen bald überholt.

Noch immer gehört der Saturn zu den räthselhaftesten Wesen unserer Weltordnung. Nicht einmal ob wir für flüssig oder starr den Körper des Saturn erklären sollen, oder ob, wie Manche wollen, Wolkenzüge die Saturnsringe und Dampfmassen oder Dunstbläschen die Berge des Saturn bilden, läßt sich entscheiden. Von Bedeutung sind nur die Resultate derjenigen Forschungen, die, frei von allem Spiel der Einbildungskraft, allein aus den Bedingungen der Stabilität auf die Natur des Saturnringes zu schließen versuchen. Die Flüssig-

keit des Saturnringes, wie sie auf wissenschaftlichem Wege von zwei amerikanischen Astronomen, Bond und Peirce nicht als wirklich, sondern als nothwendig nachgewiesen worden, dürfte daher größere Wahrscheinlichkeit für sich haben, als alle noch so scharfsinnigen Erklärungsversuche für den Ursprung der Ringe.

Wenn überhaupt das Wesen eines Systems darin zu suchen ist, daß jedes einzelne Glied zum Bestehen des Ganzen nothwendig ist, so haben Sie in dem Saturnsystem einen der überzeugendsten Belege. Auch jene Ringe würden trotz Erfüllung aller sonstigen Bedingungen der Stabilität, trotz der Rotation, trotz der Ungleichheiten, trotz der excentrischen Lage, sich nicht im Gleichgewicht zu erhalten vermögen, wenn, wie eben jene amerikanischen Astronomen nachgewiesen haben, die Satelliten oder Monde des Saturn durch ihre Einwirkung und Stellung nicht erst dem Ganzen Festigkeit verliehen.

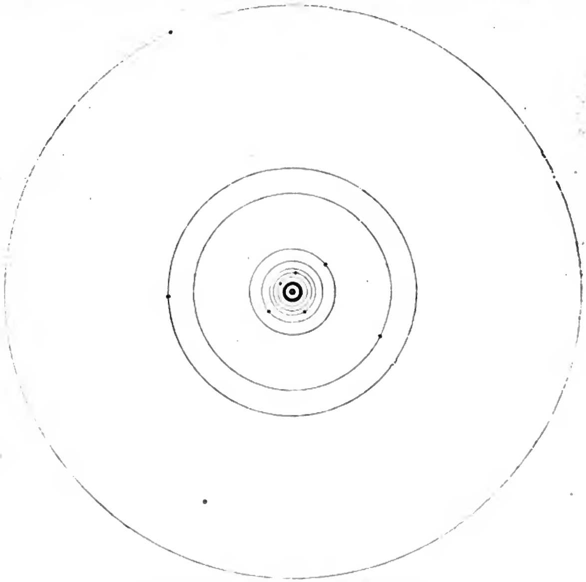
Neun ~~Acht~~ solcher Satelliten hat der Scharfblick des Astronomen in dem Herrschergebiete des Saturn entdeckt, die letzten ihrer außerordentlichen Kleinheit wegen nur mit Hülfe der Riesenteleskope des vorigen und des gegenwärtigen Jahrhunderts. Erst seit man auf den Gedanken kam, die blendende Saturnscheibe durch einen Schirm zu verdecken, ist es möglich geworden, auch die kleinsten mit mäßigen Fernröhren zu erblicken.



Saturn und seine Trabanten.

Huyghens war es, der am 25. März 1655 den ersten dieser Trabanten, den größten und sichtbarsten von allen, der in ihrer Reihe nach seinem Abstande die sechste Stelle einnimmt, mit Hülfe zweier von ihm selbst verfertigten Fernröhre auffand. Seine Instrumente wären vollkommen geeignet gewesen, ihn noch weitere Entdeckungen machen zu lassen, wenn nicht ein seltsamer Umstand seiner Forschung ein Ziel gesetzt hätte. Es herrschte nämlich damals noch die Ansicht, daß die Zahl der Hauptplaneten von der Gesammtzahl der Nebenplaneten unmöglich übertroffen werden könne. Zu den sechs damals bekannten Planeten war nun der sechste Mond gefunden, und selbst ein Huyghens hielt es für unnütz, weiter zu suchen. Aber schon 16 Jahre später sollte dieses angebliche kosmische Gesetz auf eine glänzende Weise vernichtet werden. Cassini entdeckte vom Jahre 1671 bis zum Jahre 1684 vier neue Satelliten des Saturn, in der Reihe der Abstände vom Hauptplaneten den achten, fünften, vierten und dritten. Durch das Herschel'sche Riesenteleskop wurden auch der erste und zweite der Satelliten 1789 entdeckt. Der letzte aber, der siebente in der Reihe, wurde erst 1840 durch Bond in Cambridge in Nordamerika und fast gleichzeitig durch Lassell in Liverpool aufgefunden. Zur Bezeichnung dieser Satelliten, deren Entdeckung in so langen Zwischenräumen und unabhängig von ihrer Größe oder ihren Abständen vom Hauptkörper erfolgte, schlug Herschel, um Verwirrung zu vermeiden, besondere Namen vor. Der dem Planeten nächststehende erhielt den Namen Mimas, darauf folgen Enceladus, Thetis, Dione, Rhea, Titan, Hyperion und Japetus.

Die Naturverhältnisse dieser kleinen Welten sind natürlich dem Auge der Wissenschaft noch verschlossen; nicht einmal über ihre Größe läßt sich ein sicheres Urtheil gewinnen. Selbst der größte, Titan, bleibt hinter unserem Monde zurück. Merkwürdig ist, daß die Abstände der Monde, wie ich zuerst bemerkt habe, ein gewisses Gesetz zeigen. Sie lassen sich nämlich durch eine bestimmte Reihe nahezu darstellen, wobei der Halbmesser des Saturn die Einheit bildet.



Die Umlaufsbahnen der Saturn-Trabanten.

Die Abweichungen sind nur beim siebenten Monde einigermaßen bedeutend, dessen Bahn überhaupt noch wenig erforscht ist. Das Gleiche gilt von dem achten Monde. Merkwürdig ist, daß die obige Reihe zwischen dem fünften und sechsten Monde noch einen Trabanten verlangt. Es ist nicht unmöglich, vielleicht sogar wahrscheinlich, daß hier auch wirklich ein Mond existirt, den man bis jetzt noch nicht aufgefunden hat. Ueberhaupt ist das Satellitensystem des Saturn, mit Ausnahme des Titan, noch sehr wenig erforscht. Man weiß indeß, daß die Bahnen dieser Monde wenig von der Ebene des Ringes abweichen. Sie haben auch ihre Finsternisse und erzeugen solche für den Hauptplaneten, nur sind diese etwas seltener als in der Jupiterswelt, wegen der etwas größeren Bahnneigungen, und werden noch seltener wahrnehmbar, weil der Ring sie verdeckt. Auch eine Axendrehung ist wenigstens an einem der Monde, dem achten, beobachtet worden. Seine regelmäßige Lichtschwächung, die fast bis zum völligen

Verschwinden sich steigert, in dem östlichen Theile seiner Bahn läßt mit Recht darauf schließen, daß dieser Mond uns abwechselnd eine glänzende und eine weniger glänzende Seite zuwendet, und die Abhängigkeit dieser Erscheinungen von dem Umlaufe des Mondes um den Saturn deutet wieder darauf hin, daß Rotationsdauer und Umlaufszeit genau mit einander zusammenfallen. Sie sehen, wie diese Eigenthümlichkeit, der wir früher bei unserem eigenen Monde begegneten, sich immer mehr zu einem allgemein für alle Satellitensysteme geltenden Gesetze gestaltet.



Vorübergang des Titan vor der Saturnscheibe am 1. Mai 1862.

Es giebt aber auch noch einige besondere Verhältnisse in diesem untergeordneten Gebiete der seltsamen Saturnswelt, die wohl geeignet sind, unsere Vorstellungen von ihrer Seltsamkeit noch zu erhöhen. Nirgends sehen wir einen Satelliten seinem Hauptkörper so nahe gerückt als hier. Während der Abstand unseres Mondes von der Erde fast 60 Erdhalbmesser beträgt, sehen wir hier einen Mond nur $3^1/_7$ Saturnhalbmesser von dem Mittelpunkte des Saturn entfernt, bis auf 18,000 Meilen der Oberfläche des Planeten, bis auf 6900 Meilen den Grenzen der Ringe genähert und in nicht mehr als 22 St. 36 Min. 17 Sek. seinen Lauf um den Planeten vollendend. Ein Mond, der seinen ganzen Umlauf in weniger als einem ganzen Erdentage vollendet, ist gewiß keine der geringsten Merkwürdigkeiten des merkwürdigsten unter allen Planeten, welche das Firmament den Blicken des Menschen darbietet. Die übrigen Monde sind zwar in weiteren Abständen geordnet, und der letzte, der Japetus, steht ungefähr eine halbe Million Meilen vom Centrum des Planeten und braucht 79 Tage 7 St. 54 Min., um seinen Umlauf zu vollenden. Aber auch hier tritt uns eine überraschende Thatsache entgegen, die bisher nur zu wenig beachtet worden ist. Unter den Garantien, welche man für den dauernden Bestand unseres Planetensystems aufführt, werden Sie auch die vernommen haben, daß die Umlaufszeiten zweier Planeten niemals in einem rationalen Verhältniß stehen, d. h. niemals Vielfache von einander sein dürfen. Die Folge eines solchen Verhältnisses würde nämlich sein, daß die Stellungen der Planeten zu einander in regelmäßigen Perioden wiederkehren, die störenden Wirkungen, die sie auf einander ausüben, sich also nicht aufheben oder schwächen, sondern verdoppeln und vervielfachen

müßten. So unbedeutend jede einzelne Störung auch wäre, im Laufe der Jahrhunderte würde sie durch diese Anhäufung eine so ungeheure Größe erlangen, daß sie das ganze System mit Vernichtung und Umsturz bedrohen würde. Im ganzen Planetensystem ist in der That kein einziges Verhältniß dieser Art anzutreffen; wo sich aber auch nur eine Annäherung dazu zeigt, wie zwischen Jupiter und Saturn, da treten auch bedeutende Störungsanhäufungen ein, die erst in langen Perioden eine Ausgleichung finden. Hier nun in dem Satellitensystem des Saturn scheint dieses gefährliche Verhältniß in auffallender Genauigkeit Geltung zu haben. Die Umlaufszeit des dritten Mondes ist doppelt so groß als die des ersten, und der vierte hat die doppelte Umlaufszeit des zweiten, und zwar in einer Genauigkeit, die sich bis auf $^1/_{800}$ der Periode erstreckt. Eine andere merkwürdige Periodizität in der Umlaufszeit wenigstens der vier innersten Saturnsmonde ist unlängst von Professor d'Arrest in Kopenhagen entdeckt worden.



Ansicht des Ringsystems des Saturn, von letzterem unter 28° Breite gesehen, um Mitternacht zwischen den Aequinoktien und Solstitien Saturns.

Es sind nämlich 494 Umläufe des ersten Saturnsmondes = 465 Tage 18 Stunden, und genau ebenso lang sind 340 Umläufe des zweiten, 247 Umläufe des dritten und 170 Umläufe des vierten Saturnsmondes. Sie werden daraus begreifen, in welch erschreckendem Grade die gegenseitigen Störungen dieser Monde bisweilen anwachsen müssen, ja Sie werden die Dauer des Systems in Frage gestellt sehen. Und doch ist vielleicht gerade in dieser eigenthümlichen und einzig in den bekannten Räumen der Weltordnung dastehenden Einrichtung eine jener Bedingungen zu sehen, durch welche das schwankende Gebäude des Ringes erhalten wird. In einer so ungewöhnlichen Welt sind wol auch ungewöhnliche Maßregeln statthaft, und was anderwärts zum Umsturz führet, sichert hier vielleicht den Bestand!

Ehe wir aus dieser Wunderwelt scheiden, sei es Ihnen vergönnt, sie noch einmal in flüchtiger Wanderung zu durcheilen und sich an dem Anblick ihrer Himmelslandschaften zu ergötzen. Ich lasse Sie Ihre Wanderung von dem eisigen Pole der Saturnkugel selbst beginnen. An seinem dunklen, sternbedeckten Himmelsgewölbe erblicken Sie nichts vom Ringe, nichts von einem der glänzenden Monde. Wandern Sie aber weiter nach Süden hinab, und bald wird sich ein schmaler Lichtsaum am Horizonte zeigen, der allmählich zu einem glänzenden Bogen anwächst und endlich sich hoch am Himmel erhebt. Jetzt stehen Sie unter dem Aequator selbst. Es ist Sommer, und Tag und Nacht beleuchtet jetzt die Sonne die innere Kante des Ringes, die wie ein schmaler Lichtbogen durch den Zenith des Himmels von Ost nach West sich spannt. Eine Zeit lang verdeckt noch zur Nachtzeit der Schatten des Saturn ein Stück des Ringes, aber der Schatten wird immer kürzer und um die Mitte des Sommers verschwindet er gänzlich.



Ansicht des Ringsystems des Saturn, von letzterem unter 28° Breite gesehen, um Mitternacht zur Zeit der Solstitien Saturns.

Ununterbrochen in reinem Glanze schwebt jetzt die Lichtbrücke über uns. An ihr hin wandeln Sonne, Sterne und Monde von allen Größen und in allen Lichtphasen, die der eine in je 22 Stunden durchläuft. Aber die Landschaft ändert sich; es ist Winter geworden. Fast plötzlich verdunkelt sich das ganze Ringsystem, und mit ihm verschwindet eine Reihe von Sternbildern am Himmel, die es verdeckt. Immer näher rücken die Tagbogen der Sonne dem Ringe; jetzt verschwindet sie gänzlich hinter ihm. Eine große Sonnenfinsterniß tritt ein, nur unterbrochen durch kurze Lichtblicke, wenn die Sonne durch die Zwischenräume der einzelnen Ringe durchscheint; 3740 Erdentage währt diese Winternacht,

dann bricht die Sonne wieder hervor, und nicht lange mehr, so verkündet der blitzende Saum des Ringgewölbes das Nahen des Sommers.

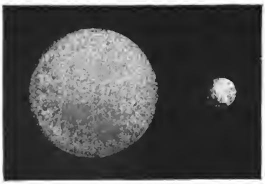
Ich entführe Sie diesem Ball und versetze Sie einen Augenblick auf das Ringgebirge selbst, auf seine innere Kante. Das großartigste Schauspiel unseres ganzen Planetensystems entfaltet sich vor Ihnen. Ueber Ihnen im Zenith glänzt die gewaltige Scheibe des Saturn, 20000mal an Größe unsere Sonnenscheibe übertreffend und fast den achten Theil des Himmels bedeckend. Nur nach Nord und Süd ist Ihr Blick unbeschränkt. In Ost und West erhebt sich der Boden einem langgezogenen Gebirgsrücken gleich zum Himmel empor, über der Riesenscheibe zusammenschießend. In schnellem Wechsel sehen Sie Tag und Nacht hinziehen über dieses wunderbare Gewölbe. Begeben Sie sich jetzt auf eine der Seitenflächen des Ringes, und wieder werden Sie das Schauspiel verändert finden. Eine ungeheure glänzende Kuppel schwebt unverrückt die Halbkugel des Saturn am fernen Horizont.



Ansicht einer Phase des Saturn von einem Punkte auf der Nachtseite des Ringsystems.

Aber die Mannichfaltigkeit dieser wunderbaren Himmelsansichten ist noch immer nicht erschöpft. Auch auf den Monden müssen Sie einen Augenblick weilen, um die seltene Pracht dieser Wunderwelt zu genießen. In überraschender Nähe können Sie hier den Saturn mit seinen Ringen schauen, den Saturn in der Größe von 7000 Vollmonden, die Ringe fast den vierten Theil des Himmels umspannend, und dazu sieben prachtvolle Monde in allen Phasen und Größen von Riesenscheiben bis zu schimmernden Sternen herab. Was sind alle Reize einer irdischen Himmelslandschaft gegen einen Blick von solcher Sternwarte!

Man hat bisweilen behauptet, die Ringe des Saturn seien bestimmt, diesem Planeten einen Theil des Sonnenlichtes bei Nacht zu ersetzen. Schon aus dem Vorhergehenden werden Sie erkannt haben, daß diese Meinung eine total unrichtige ist. Nicht nur ist der Schein, den der Ring dem Planeten gewährt, nur sehr gering, sondern er findet zudem auch dann statt, wenn er am wenigsten nothwendig ist, nämlich in den kurzen Sommernächten. Zur Winterszeit hingegen raubt das Ringsystem dem Saturn einen beträchtlichen Theil des Sonnenlichtes und erzeugt Sonnenfinsternisse, die mehrere Erdenjahre hindurch dauern. Unter $23^1/_2$ Grad der Breite auf dem Saturn verursacht der Ring, daß während 10 Erdenjahren zur Winterszeit kein Strahl der Sonne sichtbar ist. Wenn daher der Ring einen speziellen Zweck hat, so ist es sicherlich nicht der, dem Saturn einen Ersatz für das schwache Sonnenlicht zu verschaffen, und während wir Menschen von der Erde aus den Saturnring als eine Zierde des Planetensystems bewundern, würden wir, falls es möglich wäre, daß wir die Saturnkugel bewohnen könnten, alle Ursache haben, die Existenz dieses Ringes zu bedauern. Untersucht man, was Saturn seinen Ringen gewährt, so ergiebt sich, daß er ihnen während ihres Sommers einen beträchtlichen Theil des Sonnenlichtes entzieht, dafür aber theilweise ihren Winter erleuchtet. Jede Seite des Ringes wird $14^7/_{10}$ Erdjahre hindurch gar nicht und während der andern Hälfte, die Saturnbeschattung ausgenommen, beständig von der Sonne erleuchtet. Während jener langen Nacht werden die Ringe in Perioden, die der Rotation gleich sind, vom Saturn erleuchtet. In der Mitte jeder Periode strahlt derselbe mit seiner ganzen Scheibe, im Maximum den achten Theil des ganzen Himmelsgewölbes erfüllend, aber in der Mitte durch den Schatten des Ringes in zwei Zonen getheilt. Die Phasen des Saturn, welche von den Ringen aus wahrgenommen werden, werden beim Abnehmen nicht blos schmäler, sondern auch kürzer; sie enden und beginnen mit einem Lichtpunkte, nicht mit einer Sichel.


Uranus und Erde in ihrem Größenverhältniß.

Indem wir abermals hinausschreiten in die Tiefen des Weltenraumes, betreten wir wiederum ein historisches Feld, einen Schauplatz von Eroberungen und Siegen, die mit den Waffen des Geistes und der Wissenschaft errungen wurden. Der Himmel schien hier der Forschung die Wege zu versperren: da brach sie sich gewaltsam Bahn; das bewaffnete Auge schien nicht mehr durchdringen zu können: da rüstete sich der Geist und die Thore des Himmels öffneten sich nun weit.

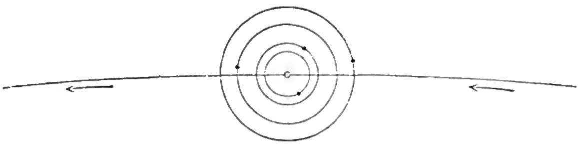
Da, wo man noch vor hundert Jahren dem Herrschergebiete unserer Sonne Grenzen gesetzt meinte, 383 Millionen Meilen fern von der lichtspendenden Sonne, die nur noch als kleine Scheibe, kaum dreimal so groß, als uns die Venusscheibe in ihrem höchsten Glanze erscheint, aus der nächtlichen Tiefe des Himmels hervorblitzt; da, wo auch kein Schimmer mehr die Richtung verräth, in welcher Sie die verlassene Erde zu suchen haben, wo Jupiter und Saturn

noch die einzigen Planeten sind, die den Himmel schmücken, und auch sie nur als Morgen- und Abendstern im Licht der Sonne wandeln: da gewahren Sie jetzt eine neue Welt und wiederum nicht eine einzelne, sondern ein ganzes System von Welten. Hier wandelt Uranus mit seinen 4 Trabanten seinen weiten, einsamen Weg um die Sonne, den zu vollenden er 84 unserer Erdenjahre 5 Tage 19 St. 41 Min. 36 Sek. gebraucht. An Größe vermag er sich freilich nicht mit seinen stolzen Nachbarn zu messen, aber immer noch mißt sein Durchmesser 7500 Meilen, also mehr als das Vierfache unseres Erddurchmessers, und noch übertrifft er an Körperinhalt 87mal unsere Erde, und seine Masse vermöchte 16 unserer Erden aufzuwiegen.

William Herschel war es, der diese neue Welt unserer Kenntniß des Himmels zuführte. Es war am 13. März 1781 zwischen 10 und 11 Uhr Abends, als der damals außerhalb der Grenze Englands noch nicht bekannte große Astronom bei der Untersuchung einer kleinen Sterngruppe in den Zwillingen zufällig einen Stern bemerkte, der ihm einen ungewöhnlichen Durchmesser zu haben schien und im auffallenden Widerspruch mit dem Benehmen eines echten Fixsternes mit der zunehmenden Vergrößerung an Helligkeit verlor. Er glaubte anfangs einen neuen Kometen entdeckt zu haben, und die Beobachtung einer Ortsveränderung bestärkte ihn darin, wiewol er von einem Schweife keine Spur entdeckte. Die Fernröhre aller beobachtenden Astronomen, die Federn aller rechnenden setzten sich auf die Kunde von dieser Entdeckung in Bewegung. Aber der vermeintliche Komet bewegte sich außerordentlich langsam; die Rechnung schritt ebenso langsam vor, und die Beobachtungen geriethen in einen ernsten Widerstreit mit den auf die Annahme einer weit ausgeschweiften kometenähnlichen Bahn gegründeten Berechnungen. Man sah sich endlich genöthigt, die Idee einer parabolischen Bahn zu verlassen und in einer kreisförmigen Bahn den Weg des neuen Gestirns zu suchen; und ehe noch die vereinten Arbeiten französischer, deutscher und russischer Astronomen den Beweis geliefert, wußte ganz Europa, daß unser Sonnensystem um einen neuen fernen Planeten reicher geworden war.

Daß man über die Gestalt und Naturbeschaffenheit eines so fernen, uns selten über 4 Sekunden im Durchmesser erscheinenden Weltkörpers nur geringe Aufschlüsse zu erlangen vermocht hat, ist wol erklärlich. Von seiner Rotation besitzen wir noch keine Kunde, und seine Abplattung, die von Mädler auf $^1/_{10}$ geschätzt wird, ist noch Gegenstand erheblicher Zweifel. Nur seine Monde haben dafür gesorgt, daß es uns auch in dieser Welt nicht an einer Seltsamkeit fehlt, wie sie die Nachbarschaft eines Saturn fast erwarten läßt. Zunächst muß ich bemerken, daß diese Monde wegen ihrer ungemeinen Lichtschwäche zu den schwierigsten Gegenständen am Himmel gehören. Der ältere Herschel, welcher uns zuerst mit ihrem Dasein bekannt machte, hat sie nur bei der vollkommensten Einrichtung seiner besten Teleskope wahrzunehmen vermocht, und selbst unter diesen Verhältnissen konnte er weder ihre Anzahl noch ihre Umlaufszeit sicher ermitteln. Nur bei dem nach unserer heutigen Bezeichnungsweise 3. und 4. Uranusmonde kam William Herschel zu sicheren Ergebnissen und fand eine Eigenthümlichkeit, die einzig im ganzen Planetensysteme dasteht und mancher geistvollen Theorie über den Ursprung und die Bildungsgeschichte dieser Welten einen

empfindlichen Stoß versetzt. Während nämlich sonst alle Planeten und Satelliten sich von West nach Ost bewegen und ihre Bahnen nur unbedeutende Neigungen gegen die Ebene der Ekliptik zeigen, sehen wir die Monde des Uranus in rückläufiger Bewegung von Ost nach West den Planeten umkreisen in Bahnen, die fast senkrecht, mindestens unter Winkeln von 79° auf der Ekliptik stehen. Besteht nun, wie man doch allen Grund hat anzunehmen, ein Zusammenhang zwischen den Bahnebenen der Satelliten und der Rotation des Hauptplaneten, bezeichnen also auch hier wie beim Jupiter und Saturn die Satellitenbahnen nahezu die Lage des Aequators des Planeten, so folgt daraus die seltsame Forderung, die Rotationsaxe des Uranus fast in die Ebene der Ekliptik gelegt zu denken. Die Folgen einer solchen Stellung müssen für das physische Leben dieses Weltkörpers von ganz wunderbarer Art sein. Jeder Punkt seiner Oberfläche würde im Verlaufe des langen Uranusjahres wenigstens einmal die Sonne im Zenith sehen. Der Unterschied von Jahres- und Tageszeiten würde fast auf dem ganzen Planeten wegfallen, überall fast einem 42jährigen Tage eine 42jährige Nacht folgen. Auch der Unterschied von Klimaten würde damit schwinden, denn der Pol würde dieselbe Wärmemenge von der Sonne empfangen wie der Aequator.



Bahnsystem der Uranus-Trabanten.

Auch für die Monde würde sich ein ganz eigenthümliches Verhältniß des Lichtwechsels ergeben. Zur Zeit, wo der Uranuspol der Sonne zugekehrt ist, würde jeder der Monde als Halbmond leuchten, aber ohne irgend eine Ab- oder Zunahme dieser Phase Jahre lang bemerken zu lassen, und Neu- und Vollmonde würden nur eintreten können, wenn die Sonne senkrecht über dem Aequator steht, also nicht öfter als nach je 42 Erdenjahren. Sie sehen also, wie wenig ein tieferes Eindringen in den Bau unseres Planetensystems den Gedanken an Eintönigkeit und Gleichförmigkeit aufkommen läßt, und wie wenig wir für die Naturverhältnisse der Ferne mit einem Maßstabe ausreichen, den wir von der Erde entlehnten. Ich habe im Vorhergehenden bemerkt, daß der ältere Herschel beim 3. und 4. Uranustrabanten allein nur zu sicheren Resultaten zu gelangen vermochte. Er hat außer diesen noch 4 andere Monde wahrzunehmen geglaubt, allein diese Wahrnehmungen waren Täuschungen und bezogen sich wahrscheinlich auf kleine Fixsterne, die sich zufällig in der Nähe des Uranus befanden. Erst Lassell gelang es, in seinem Riesenteleskope auf Malta zwei weitere Uranusmonde zu entdecken, die dem Planeten weit näher stehen als Herschel's Satelliten. Dasselbe Ergebniß hat auch die Untersuchung mittels des 26zölligen Riesenrefraktors in Washington geliefert. Die lichtschwachen Uranusmonde boten gerade ein geeignetes Objekt für dieses wundervolle Instrument

und Professor Newcomb in Washington hat nach Aufstellung desselben nicht gezögert, die Kraft seines Riesenrefraktors an jenen fernen Monden zu erproben. Sie wurden sofort und mit Leichtigkeit gesehen. Was dies sagen will, mögen Sie daraus entnehmen, daß der ältere Herschel selbst mit seinem vierzigfüßigen Riesenteleskope von den beiden inneren Uranusmonden nie auch nur eine Spur zu sehen vermochte. Professor Newcomb schreibt daher die erste Auffindung dieser zwei Monde mit Recht Lassell zu, ja er bemerkt, daß außer dem Spiegelteleskope dieses ausgezeichneten Beobachters und seinem 26zölligen Refraktor noch kein anderes Instrument die sämmtlichen Uranusmonde gezeigt habe. Die äußeren Trabanten dieses Planeten erschienen im Riesenrefraktor zu Washington von der gleichen Helligkeit wie Sterne vierter Größe dem bloßen Auge. Sie können sich hiernach ein Bild von der ungeheuern optischen Kraft dieses Wunderwerkes der modernen Optik machen. Von besonderen Helligkeitsschwankungen dieser Monde, analog denjenigen, welche wir bei den Trabanten des Jupiter und Saturn fanden, berichtet Professor Newcomb nichts. Auch meßbare Durchmesser haben die in Rede stehenden Monde bei den zu den Distanzbestimmungen angewandten Vergrößerungen nicht gezeigt. Beiläufig bemerkt, ist Professor Newcomb der Ansicht, daß außer diesen vier Trabanten andere Monde des Uranus, die noch mit unseren besten heutigen Instrumenten erkannt werden könnten, aller Wahrscheinlichkeit nach nicht existiren. Zu der gleichen Ansicht war bereits früher Lassell gelangt, der unter dem heiteren Himmel Malta's in seinem großen Reflektor die vier Trabanten des Uranus bisweilen selbst bei vollem Mondschein sah. Lassell hat den Uranusmonden folgende Benennungen gegeben: Ariel, Umbriel, Titania und Oberon. Die schon früher erwähnten, von dem älteren Herschel entdeckten Monde sind Titania und Oberon.

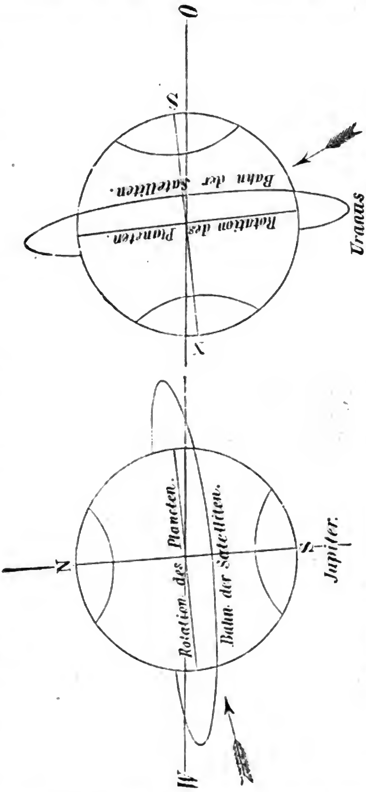


Neptun und Erde in ihrem Größenverhältniß.

Aber die Zahl der Welten ist noch nicht erschöpft. Noch einmal rufe ich Sie auf zu einem mächtigen Fluge, noch einmal sollen Sie 200 Millionen Meilen in den Raum vordringen. Dort, wo das Licht der Sonne nur noch in tausendfacher Schwächung leuchtet, auch dorthin hat die Wissenschaft ihr Licht ergossen. Sie betreten die Stätte einer der erhabensten und glänzendsten Thaten aller Jahrhunderte, eine Stätte, die geheiligt ist durch einen der stolzesten Triumphe menschlichen Denkens.

Die Welt, zu der ich Sie führe, ist noch dunkel im Vergleich zu denen, die Sie verlassen, d. h. dunkel im Sinne der Strahlen der Forschung, die sie beleuchten. Als Stern achter Größe dem unbewaffneten Auge des irdischen Beobachters nicht sichtbar, zeigt sich der Neptun — denn das ist die neue Welt — selbst im vergrößernden Fernrohr nur klein, nämlich als eine Scheibe von 2,7 Sek. im Durchmesser. Dieser scheinbaren Größe entspricht eine wirkliche, die etwa $4^1/_2$mal unsere Erde an Durchmesser und 91mal an Rauminhalt übertrifft.

In Betreff seiner Masse schwankten die Angaben geraume Zeit zwischen $^1/_{14400}$ und $^1/_{21000}$ der Sonnenmasse, sodaß er etwa 18mal unsere Erde aufwiegen würde. Seine Dichtigkeit ist danach ungefähr $^2/_9$ der Dichtigkeit der Erde gleich und $1^1/_4$ im Verhältniß zur Dichtigkeit des Wassers. Neuere Untersuchungen von Professor Newcomb ergeben als wahrscheinlichsten Werth der Neptunmasse $^1/_{19380}$ der Masse unserer Sonne. In 164 Jahren 285 Tagen vollendet er seinen Weg um die Sonne, und auf dieser weiten Reise begleitet ihn ein Mond. Lassell in Liverpool entdeckte ihn mit Hülfe seines großen 20füßigen Reflektors im August 1847, und Struve in Pulkowa und Bond in Cambridge bestätigten diese Entdeckung. Drei Jahre später glaubte Lassell bei 628maliger Vergrößerung einen zweiten Neptunstrabanten aufgefunden zu haben, ohne daß er indeß bis jetzt eine ähnliche Bestätigung erhalten hätte. Auch Newcomb, der den Neptunmond neuerdings sehr eifrig beobachtete, spricht sich gegen die Existenz eines zweiten Neptuntrabanten aus. Der von Lassell entdeckte Mond ist übrigens weit heller als die Uranusmonde. Der Neptun selbst zeigt eine düstere, einförmige Scheibe, auf der man keinerlei Detail zu unterscheiden vermag. Es ist hiernach klar, daß wir auch über die Rotationsdauer und die Lage der Axe dieses fernsten bekannten Planeten gegenwärtig nichts wissen. Aber auf etwas Anderes möchte ich Sie aufmerksam machen. Der Planet Neptun erscheint von der Erde aus gesehen als Stern achter Größe, wenn aber seine lichtreflektirende Kraft nicht größer wäre als diejenige unserer Erde, so könnte er höchstens nur als Stern elfter bis zwölfter Größe auftreten. Es wird hiernach wahrscheinlich, daß auch Neptun gegenwärtig noch heißflüssig und von einer wolkigen Hülle umgeben ist.



Neigung der Satellitenbahnen des Jupiter und Uranus gegen die Ebene der Ekliptik.

Dies bestätigt auch merkwürdiger Weise die Spektralanalyse, indem das Spektrum dieses Planeten, ebenso wie dasjenige des Uranus, eine Reihe von breiten, dunkeln Absorptionsstreifen zeigt.

Nicht diese Mittheilungen aber, zu denen ich kaum noch etwas Bestimmteres hinzuzufügen wüßte, sind es, für welche ich hier an diesem wichtigen Marksteine unserer Wanderung Ihre Aufmerksamkeit in Anspruch nehmen will. Die Geschichte der großen Geistesthat, welche zuerst das Auge auf diese ferne Welt lenkte, soll die kurze Zeit ausfüllen, die ich Ihnen zur Rast von Ihrem anstrengenden Fluge gönne.

Vierzig Jahre waren seit der Entdeckung des Uranus verflossen, und der neue Planet hatte auch in den Jahrbüchern der Astronomie seinen ihm zukommenden Platz eingenommen. Man begann allgemach daran zu denken, auch für ihn Tafeln zu entwerfen, wie sie für die übrigen Planeten längst vorhanden waren, die seine Bewegung genau darstellen sollten. An Beobachtungen fehlte es nicht; es war ja sogar namentlich durch Bode's Bemühungen geglückt, ältere unbewußte Beobachtungen desselben Planeten bis in das Jahr 1690 zurück zu verfolgen. Die Beobachtungen umfaßten also auch einen hinreichend großen Zeitraum, sodaß man nicht gerade erhebliche Fehler zu fürchten glaubte. Aber die Berechnung dieser Tafeln schien selbst einen so unermüdlichen Rechner wie Bouvard ermüden zu wollen. Es schien unmöglich, eine Uebereinstimmung zwischen den älteren und den neueren Beobachtungen herzustellen; die Tafeln entsprachen entweder den einen oder den anderen nicht. Ja, diese Berechnung nahm immer mehr den Charakter einer wahren Sisyphusarbeit an. Kaum waren die Tafeln einige Jahre im Gebrauch, so waren sie schon wieder veraltet, und mit jedem Jahre wuchsen die Abweichungen. Solche Schwierigkeiten konnten aber nur dazu dienen, den Scharfsinn der Astronomen herauszufordern. Wenn auch Einzelne noch wagten, die Giltigkeit des Newton'schen Gravitationsgesetzes in jenen der Sonne so fernen Regionen in Zweifel zu ziehen, so erwachte in Anderen um so lebendiger der Gedanke an das Dasein einer unbekannten störenden Kraft. Immer klarer und bewußter gestaltete sich diese Ahnung eines fernen neuen Planeten, immer allgemeiner bemächtigte sie sich aller Astronomen. Damit stellte sich der berechnenden Astronomie eine bestimmte Aufgabe. Es galt die Umkehrung des bisherigen Problems der Störungen. Es galt nicht mehr die Größe der Störungen aus der Kenntniß der Bewegungen des störenden Körpers zu ermitteln, sondern umgekehrt die Bahn und Bewegung eines störenden Körpers aus den bekannten Abweichungen der beobachteten Stellungen des Uranus von den unter alleiniger Berücksichtigung der Saturn- und Jupiterstörungen durch Rechnung erhaltenen abzuleiten. Wer diesen kühnen Gedanken, aus so kleinen Abweichungen den Ort eines unbekannten Planeten am Himmel zu berechnen, zuerst gehabt, läßt sich nicht mehr entscheiden. Bouvard äußerte ihn bereits im Jahre 1834, und Bessel sprach ihn in einem Briefe an Humboldt unterm 8. Mai 1840 in sehr bestimmter Gestalt aus. „Ich bin zu der Ueberzeugung gekommen", schrieb er, „daß die vorhandene Theorie oder vielmehr ihre Anwendung auf das in unserer Kenntniß vorhandene Sonnensystem nicht hinreicht, das Räthsel des Uranus zu lösen. Ich meine aber, daß eine Zeit kommen

werde, wo man die Auflösung des Räthsels vielleicht in einem neuen Planeten finden wird, dessen Elemente in ihren Wirkungen auf den Uranus erkannt und durch die auf den Saturn bestätigt werden könnten. Daß diese Zeit schon vorhanden sei, bin ich weit entfernt zu behaupten; allein versuchen werde ich jetzt, wie weit die vorhandenen Thatsachen führen können. Es ist dies eine Arbeit, die mich seit so vielen Jahren begleitet, und um deren willen ich so viele verschiedene Ansichten verfolgt habe, daß ihr Ende mich vorzüglich reizt und daher sobald als irgend möglich herbeigeführt werden wird." Aber Bessel sollte dieses Ende nicht erleben. Mitten in seinen geistvollen Arbeiten überraschte ihn jene verhängnißvolle Krankheit, die seinem Leben bereits im Jahre 1845 ein Ende machte.

Das große Problem war jetzt öffentlich aufgestellt, die Göttinger Sozietät der Wissenschaften hatte es sogar im Jahre 1844 zum Gegenstande einer Preisaufgabe gemacht. Da übernahm, von Arago aufgefordert, ein junger, damals noch fast ganz unbekannter Mann, dessen Namen aber bald über den ganzen Erdkreis erschallen sollte, diese Arbeit. Urban Jean Joseph Leverrier, den Arago auf das Problem aufmerksam machte, war geboren am 11. März 1811 zu Saint-Lô im Departement la Manche. In seinen Jünglingsjahren besuchte er die polytechnische Schule zu Caen, wo er aber so wenig besondere Fähigkeiten entwickelte, daß er vielmehr im Examen durchfiel. Aber die Zeugnisse der Lehrer haben nicht immer entscheidenden Werth, wenn es sich um die Frage nach dem wirklichen Talent eines Schülers handelt. Leverrier wandte sich nach Paris und besuchte die nach Ludwig XIV. benannte Schule, dann die Pariser polytechnische Schule und ward darauf als Ingenieur bei der Tabaksregie angestellt. Das war freilich kein Posten für einen Mann, der berufen war, einer der ersten Astronomen der Gegenwart zu sein. In der That verließ Leverrier seine Tabaksstellung sehr bald und wurde Lehrer am Collége Stanislas. In dieser Stellung forderte Arago ihn auf, sich mit rechnender Astronomie zu beschäftigen, und Leverrier lieferte infolge dessen zuerst eine Berechnung des Merkurdurchganges von 1845, sowie eine Arbeit über die Bahn des Faye'schen Kometen. Jetzt lenkte Arago seine Aufmerksamkeit auf die Bewegung des Uranus und Leverrier begann eine dahin zielende Untersuchung der vorhandenen Beobachtungen. Noch einmal prüfte er die vorhandenen Uranustafeln, noch einmal versuchte er es, durch Verbesserung von Fehlern, durch Einführung neuer, richtigerer Elemente die älteren und neueren Beobachtungen in Einklang zu bringen. Vergeblich; Alles wies unleugbar auf eine unbekannte störende Kraft hin. Jetzt zögerte er nicht länger, den unbekannten Planeten selbst aufzusuchen. Er bestimmte unter der Voraussetzung, daß der neue Planet sich in der Ebene der Erdbahn und etwa im doppelten Abstande des Uranus von der Sonne befinde, den Ort dieses Planeten am Himmel. Die Voraussetzungen waren roh, aber sie waren durch die Analogie anderer Planeten und durch das sogenannte Bode'sche Gesetz gerechtfertigt; sie mußten wenigstens eine annähernde Lösung des Problems herbeiführen. Die Resultate entsprachen den Erwartungen, die Widersprüche zwischen den Beobachtungen begannen sich zu verringern. Noch einmal legte Leverrier die verbessernde Hand an seine Rechnungen. Dann trat er am 31. August 1846 in die Sitzung der Pariser Akademie und verkündete

mit der Zuversicht eines Propheten den Ort des unbekannten Gestirns am Himmel, die Elemente seiner Bahn, sogar seine Masse und scheinbare Größe. Das ist der Tag der theoretischen Entdeckung dieses Planeten. Seine Existenz war bewiesen, und wenn er auch noch lange, ja vielleicht für immer, seiner Lichtschwäche wegen, den Blicken des beobachtenden Astronomen verborgen blieb, für den rechnenden stand er auch unsichtbar am Himmel, er war gezwungen, ihn fortan in den Kreis seiner Betrachtungen zu ziehen.

Aber Leverrier versäumte auch nichts, den unsichtbaren Gegenstand seiner Entdeckung ans Licht zu ziehen. Die günstigste Zeit seiner Sichtbarkeit war gekommen; noch im Laufe des Jahres mußte er gefunden werden, ehe er sich wieder in den Strahlen der Sonne verbergen konnte. Ohne den Erfolg der in Paris bereits begonnenen Nachsuchungen abzuwarten, wandte er sich auch an Galle in Berlin mit der Aufforderung, den Planeten zu suchen. Sie wissen, welchen Antheil die von Bessel angeregten und von der Berliner Akademie herausgegebenen Sternkarten in den letzten Jahrzehnten an der Entdeckung der kleinen Planetoiden gehabt haben. Hier aber feierten sie ihren glänzendsten Triumph. Diejenige Karte, welche die Gegend des Himmels, in welcher der neue Planet sich zeigen sollte, enthielt — es war die Gegend des Steinbocks — war so eben von Bremiker vollendet. Noch an demselben Tage, an welchem Galle den Brief Leverrier's erhielt — es war am 23. September 1846 — verglich er den Himmel mit der Karte, und noch an demselben Abend fand er den gesuchten und verkündigten neuen Planeten nur 1° von dem ihm von Leverrier angewiesenen Orte.

Noch nie hat eine Wissenschaft einen so glänzenden Triumph errungen, wie er der Astronomie hier zu Theil ward. Leverrier hat, wie Arago sagt, das neue Gestirn wahrgenommen, ohne auch nur einen Blick nach dem Himmel zu richten; er hat es mit der Spitze seiner Feder gesehen. Durch die bloße Macht der Rechnung hat er annäherungsweise den Ort und die Größe eines Körpers bestimmt, der um Vieles jenseit der damals bekannten Grenzen unseres Sonnensystems liegt, der weiter als 600 Millionen Meilen von der Sonne absteht und auch in unseren mächtigsten Fernröhren kaum eine wirkliche Scheibe zeigt. Es verringert das Verdienst dieser Entdeckung keineswegs, daß die Elemente, auf welche die Rechnung sich gestützt hatte, nicht auch in Zukunft für die Bahn des gefundenen Planeten eine Geltung behaupten konnten. Es schmälert den Ruhm der Entdeckung nicht, daß auch der Zufall seine Hand dabei im Spiele hatte, daß trotz der von der Wahrheit ziemlich weit entfernten Elemente, die der Rechnung zu Grunde gelegt waren, doch der von Leverrier angegebene Ort des neuen Planeten mit der Wirklichkeit in so staunenerregender Weise übereinstimmte. Die von Leverrier angegebene Bahn des Planeten weicht allerdings von der nachträglich auf Grund direkter Beobachtungen desselben berechneten so bedeutend ab, daß sie für einige Jahre früher oder später den Ort des Neptun nicht so genau gegeben haben würde, als es für die Zeit der Auffindung durch Galle der Fall war. Indeß hat Leverrier später nachgewiesen, daß die Abweichungen seiner Rechnung von der Wirklichkeit hauptsächlich in der ungenügenden Kenntniß der Massen des Uranus und Saturn zu suchen sind.

Aber keine Krone wird auch in der Wissenschaft unbestritten erlangt. Kein großes Ziel stellt sich hier dar, auf das nicht gleichzeitig die Bestrebungen Vieler sich richteten, und keine Wissenschaft entfaltet den Reichthum ihrer Mittel, ohne daß oft gleichzeitig viele Hände danach griffen, sich daraus Waffen zu schmieden für geistige Eroberungen.

Jener anregende Gedanke eines unbekannten fernen Weltkörpers und seine Berechnung aus seinen störenden Wirkungen war, wie Sie wissen, mit innerer Nothwendigkeit auf dem Boden der astronomischen Forschung selbst erwachsen, er war lange vor Leverrier's Entdeckung ein Gemeingut aller Astronomen. Die Mathematik hatte eine so glänzende Höhe erreicht, daß auch Andere als Leverrier mit ihrer Hülfe jenes große Problem für lösbar halten und seine Lösung versuchen konnten. So war es denn in der That ein junger englischer Mathematiker vom John's College in Cambridge, Adams, der bereits im Jahre 1843 dieselbe Aufgabe zu bearbeiten begann. Schon im September 1845 gelangte er zu ähnlichen Resultaten, wie fast ein Jahr später Leverrier. Aber ein unglückliches Geschick waltete über seinen Arbeiten. Airy in Greenwich und Challis in Cambridge, denen er seine Resultate mittheilte, ohne freilich zugleich den Weg, auf dem sie erlangt waren, anzudeuten, schenkten diesen wenig Vertrauen, und die zur Aufsuchung des neuen Gestirns günstige Zeit des Jahres verstrich unbenutzt. Erst als im Juni des folgenden Jahres die erste Berechnung Leverrier's bekannt wurde, erregte die auffallende Uebereinstimmung dieser Resultate mit den von Adams gefundenen die Aufmerksamkeit der englischen Astronomen. Man begann nun in Cambridge Nachsuchungen anzustellen, aber, wie es scheint, abermals lässig und mit geringem Vertrauen auf Erfolg. Erst später fand Challis, daß er zweimal bereits im August den neuen Planeten beobachtet hatte, ohne zu wissen, daß er es sei. So ward dem jungen englischen Berechner die Palme des Sieges durch Leverrier entrissen, theils weil er es versäumt hatte, seinem Gedanken auch die That der Entdeckung folgen zu lassen, theils durch die Schuld der englischen Astronomen, bei denen das kühne Unternehmen keine Unterstützung fand. Adams selbst hat in edler Bescheidenheit auf jeden Antheil an dem Ruhme des Entdeckers verzichtet; aber seine Landsleute haben lange Zeit in erbittertem Kampfe versucht, ihm und der Nation wenigstens einen Theil der Ehre zu sichern. Leverrier hat den vollen Preis erlangt auf Grund jenes Rechtes, das in der Geschichte der Wissenschaften alleinige Geltung hat, daß es keinen anderen Anspruch auf eine Entdeckung giebt, als den durch die Veröffentlichung erlangten.

In jenem Streite über den Anspruch auf die erste Verkündigung des neuen Planeten verflocht sich auch der Streit über seinen Namen. Es unterlag keinem Zweifel, daß Leverrier das Recht zur Ertheilung des Namens besaß, und er sprach sich in der That für die Annahme der Benennung Neptun aus. Später jedoch widerrief er diesen Wunsch und trat sein Recht, jenen Körper zu taufen, in echt französischer selbstsüchtiger Galanterie seinem berühmten Lehrer Arago ab. Dieser hatte natürlich nichts Eiligeres zu thun, als das Kompliment seines Schülers zu erwiedern und zu entscheiden, daß der neue Planet nach seinem Entdecker Leverrier getauft werden solle.

Hiergegen erhoben sich indeß Stimmen in Deutschland und England, die mit Recht den Namen Neptun als zweckmäßiger erkannten. Leverrier selbst verhielt sich, obgleich er am besten und schnellsten den Ausschlag hätte geben können, zu der Entscheidung dieser Frage passiv. Endlich, nachdem der Name Neptun im Berliner Jahrbuch provisorisch für einige Jahre angenommen war, entschied man sich, denselben allgemein anzunehmen.

Wir stehen an den Grenzen der uns bekannten planetarischen Welt. Ob es einst gelingen werde, diese Grenzen weiter hinauszurücken, wer will es entscheiden! Vielleicht läßt auch der Neptun einst im Laufe der Beobachtungen Abweichungen erkennen, die auf einen unbekannten störenden Weltkörper hindeuten. Bis jetzt ist dieses nicht der Fall, denn aus den genauen Untersuchungen, welche Newcomb über die Bewegung des Neptun angestellt hat, ergiebt sich, daß bis jetzt keine Nothwendigkeit vorliegt, einen jenseit des Neptun befindlichen Planeten anzunehmen.

Hier, an den Grenzen unserer Heimat, lassen Sie uns noch einen flüchtigen Blick rückwärts werfen auf die verlassenen Welten! Mars, Venus, Erde sind längst erloschen; nur mit Mühe erkennt noch das Auge den Jupiter, Saturn und selbst den nahen Uranus als unbedeutende, kaum sichtbare Lichtpünktchen. Ein blendend weißer Stern ist die Sonne und nur schwache Dämmerung ihr uns sonst so überreich quellendes Licht. Sie wenden sich ab von dieser Oede, vorwärts dem Sternhimmel zu. Hier, meinen Sie, werden sich neue Wunder den entzückten Blicken entfalten. Sehen Sie hin! derselbe Sternhimmel, den Sie von der Erde her kennen, breitet sich auch hier über Ihnen aus; dieselben Sternbilder, die Sie dort alltäglich über Ihrem Haupte hinziehen sahen, wandeln unverändert an Ihnen vorüber! Die ungeheuere Entfernung von der Erde bis zum Neptun hat nichts in der Stellung der Fixsterne verschoben, sie war nur ein Schritt gegen die endlose Ferne der Welten. Vier volle Stunden gebrauchte das Licht, um von der Erde hieher zu gelangen, aber drei volle Jahre würden selbst für den eilenden Lichtstrahl erforderlich sein, ehe er die nächste jener Welten erreichte! Der Lichtstrahl versagt uns den Dienst; so lassen Sie uns den Gedanken beschwingen, daß er uns in neue Fernen hinaustrage!



Der Komet von 1744 im Untergang.

Siebentes Kapitel.

Die Kometen.

Ihr tretet nächtlich in der Jahre Lauf
Den Sternenhimmel überbietend auf,
So daß ein Herz, auch an Natur gewöhnt,
Nach eurem Kreis, dem leuchtenden, sich sehnt.

Eine reiche Mannichfaltigkeit im Gebiete unseres Sonnensystems habe ich bereits vor Ihnen entrollt, aber noch kennen Sie bei weitem nur den kleinsten Theil der Wunder, die diesen weiten Raum erfüllen. Ich habe Sie ja bisher auf der breiten Heerstraße geführt, die gleichsam von Planet zu Planet die Sonne mit den Grenzen ihrer Herrschaft verknüpft. Sie werden doch nicht glauben, daß dieser schmale Raum am Wege allein von Welten bevölkert sei? Sie werden doch nicht glauben, daß die Natur uns einen ähnlichen Streich gespielt habe, wie einst jene Günstlinge und Schmeichler der Kaiserin Katharina von Rußland auf ihrer Reise nach der Krim, die aus weiter Ferne Bauern zusammengetrieben hatten und eine Koulissenkultur längs der Straße errichteten, die hinter der Reisenden wieder in Nichts zerfloß? Der Weltraum ist bevölkerter, als es die südrussischen Steppen jemals waren oder sein werden. Ich möchte Sie daher zu Kreuz- und Querflügen durch diesen ungeheuern Raum veranlassen, weit hinaus über den schmalen Gürtel des Thierkreises, der die Planeten umfaßt, aber auch weit hinaus über die Grenzen der Neptunsbahn, so weit als nur immer der Herrscherarm unserer Sonne reicht. Sie sehen, daß ich Recht hatte, zu solchen Streifzügen den Gedanken zu beschwingen.

Abseits von der großen Heerstraße wandelt ein zahlreiches, seltsames Volk, regellos zerstreut, mannichfaltig in Gestalten und Größe, flüchtig in seinem innersten Wesen, launenhaft bald in bedenkliche Nähe zur Sonne sich wagend, bald trotzig in endlose Fernen hinausschweifend. In das Gebiet der Kometenwelt wollen wir uns begeben und im Geiste die merkwürdigsten dieser Schweifsterne an uns vorbeiziehen sehen. Da kommt schon der stolze Komet des vorigen Jahres heran; dort wandelt ehrbar der Halley'sche, wie sich brüstend mit dem Ruhm, den er einem der größten Astronomen des vorigen Jahrhunderts eintrug; da zeigen sich auch jene kleinen Kometen Encke's, Biela's, Faye's ꝛc., die in ihren eng begrenzten rundlichen Bahnen sich das Ansehen zu geben scheinen, als wollten sie es den Planetoiden nachmachen; als bildeten sie sich ein, Planeten werden zu können. Fürchten Sie sich nur nicht! Es sind keine Gespenster, keine flammenden Schwerter oder Lanzen oder drohende Zuchtruthen, wie man noch vor ein paar Jahrhunderten glauben konnte, so wenig als es bloße Meteore unserer Atmosphäre nach der Ansicht eines Aristoteles sind. Es sind wirkliche Weltkörper, gesetzliche Glieder unseres Sonnensystems, die in geregelten Bahnen durch jene Räume sich dahin bewegen, die von den Planeten leer gelassen werden.

Nicht ohne Grund habe ich Sie gerade an die Grenzen des uns bekannten Sonnensystems geführt, um von hier aus Ihnen den Blick auf die Kometenwelt zu eröffnen. Denn noch ist kaum ein Jahrhundert verflossen, seit der seltsame Gedanke aufgestellt wurde, daß gerade hier erst das eigentliche Reich der Kometen beginne, daß die äußersten Planeten gleichsam schon Mittelstufen, Uebergangsglieder zwischen Planeten und Kometen bildeten. Der letzte Planet und erste Komet, hieß es, könne derjenige genannt werden, der in seiner Sonnennähe den Kreis des ihm nächsten Planeten, vielleicht also des Saturn, durchschnitte. Und diese Theorie, meinte man, sei erklärlich gewesen durch ein vermeintliches Gesetz, nach welchem die Excentrizität der Planetenkreise und die Größe und Undichtigkeit der Himmelskörper mit der Entfernung von der Sonne zunehme. Sie können sich wol denken, daß nur in philosophischen Träumen eine solche Theorie geboren werden konnte; aber Sie werden kaum glauben, daß sie einem der größten Geister des vorigen Jahrhunderts, dem Verfasser der „Kritik der Vernunft" und der „Naturgeschichte des Himmels", dem großen Philosophen von Königsberg, Immanuel Kant, ihren Ursprung verdankte. Sie hätten ihm mindestens eine bessere Kenntniß von den Grundverhältnissen des Weltbaues zugetraut; denn er hätte freilich wissen können, daß gerade der sonnennächste aller Planeten, der Merkur, durch die große Excentrizität seiner Bahn den Kometen am meisten sich annähert. Die Entdeckungen des Uranus und Neptun haben aber jener vermeintlichen Theorie vollends den Garaus gemacht; denn der äußerste aller uns bis jetzt bekannten Planeten, der Neptun, besitzt nach der sonnenahen Venus die geringste Excentrizität, die kreisförmigste aller Planetenbahnen.

Mit den Ansprüchen der Kometen auf eine Verwandtschaft mit den Planeten ist es heutzutage übel bestellt. Es gehört gegenwärtig wenigstens eine sehr lebhafte Phantasie dazu, noch an eine allmähliche Verwandlung von Planeten in Kometen oder an einen einstmaligen Ursprung der Planeten aus verdichteten Kometen zu glauben.



Verschiedene Kometen-Formen.
1. Komet von 1577, nach Beobachtungen von Cornelius Gemma. 2. Komet von 1680, nach J. C. Sturm. 3. Komet von 1769.

Ja, gerade die umgekehrte Meinung ist gegenwärtig mit guten Gründen ausgesprochen worden, also die Ansicht, daß gewisse Kometen Trümmer planetarischer Weltkörper sein könnten. So seltsam Ihnen auch diese Behauptung in diesem Augenblicke erscheinen mag, so werde ich Ihnen doch schon bald Thatsachen mittheilen, welche mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit auf diese Vorstellung führen.

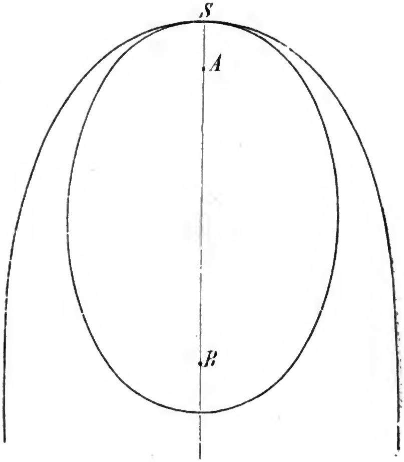
Die Alten haben von der Weltstellung der Kometen keine begründeten Vorstellungen gehabt; sie dachten nicht im entferntesten daran, daß diese von Zeit zu Zeit am Himmel heraufziehenden Schweifsterne Weltkörper seien, die an räumlicher Ausdehnung unsere Erde und selbst sogar die Sonne vielmal übertreffen; daß es Himmelskörper seien, die in festen, geregelten Bahnen aus den Tiefen des Raumes zur Sonne herabsteigen und sich darauf wieder in die Nacht der weiten planetarischen Räume zurückbegeben. Selbst Aristoteles, unstreitig der größte Naturforscher des Alterthums, glaubte, die Kometen seien nichts Anderes als Ausdünstungen der Erde. Plutarch bestritt diese Ansicht, aber was er an ihre Stelle setzte, war noch thörichter. Denn seiner Meinung nach sollten die Kometen gar keine wirklichen Körper sein, sondern blos Erscheinungen, die durch Zurückwerfung des Lichtes entständen. Man kann sich kaum denken, daß Plutarch jemals einen Kometen genauer angesehen habe, sonst hätte er seine thörichte Hypothese gewiß nicht aufstellen können. Unter diesen und ähnlichen abenteuerlichen Vorstellungen begegnet man erfreut wenigstens einer vernünftigen Anschauung. Es war der römische Philosoph Seneca, der die Kometen für Weltkörper hielt und den Ausspruch that, es werde die Zeit kommen, in welcher man das Wesen und die Bahnen dieser Gestirne kennen werde. Diese Zeit ist gekommen, aber sie hat sehr lange auf sich warten lassen. Im Mittelalter hielt man die Kometen, ohne sich über ihre kosmische Bedeutung weiter den Kopf zu zerbrechen, für Zuchtruthen der erzürnten Gottheit, und fürchtete diese Gestirne als Unglücksboten. Selbst die trivialsten Erscheinungen, Krankheiten der Katzen, Hühner 2c., sollten durch Kometen verursacht werden. So heißt es unter einer Darstellung des Kometen von 1680: „Wahre Abbildung des Kometen, wie solcher über Rom den 2. Dezember Montags in der Nacht in diesem 1680. Jahr erschienen und im Zeichen der Jungfrauen des 13. Grades gesehen worden. Eben in dieser Nacht, ungefähr um 8 Uhr, hat eine Henne, so niemals ein Ey geleget, mit großem Geräusch und ungewöhnlichem Geschrey ein Ey von gegenwärtiger Größe und Gestalt mit Stern und Strahlen, wie hier abgebildet zu sehen, geleget.“

Eine andere Abbildung desselben Kometen, welche die Positionen des Gestirns für die Zeit vom 16. bis zum 25. November 1680 enthält, hat folgende Verse als Unterschrift:

„Schau die Wunder-Fackel-Kertze! — Sünden-sichres Menschen-Hertze!
Ach bedenke, ach erkenne, — Wie sie an dem Himmel brenne,
Und um deiner Boßheit wegen, — Dir zur Straffe eil entgegen.
Setzet doch mit Buß zusammen, — Löschet diese Zoren-Flammen,
Daß, o Teutsche Landes-Erde, — Gottes Grimm gemildert werde,
Der uns drauet mit Cometen; — Buß und Betens ist von Nöthen.“

Vorwurfsfreie Menschen sahen freilich auch schon damals in den Kometen etwas Anderes, als Boten göttlicher Rache (aber die Menge hielt an ihrem Aberglauben fest. Die erste richtige Vermuthung über die Bahn eines Kometen sprach G. A. Borelli 1664 in einem Briefe an den Prinzen Leopold von Toscana aus, indem er behauptete, die Kometen bewegten sich in Parabeln. Aber Borelli scheint diese Idee nicht weiter verfolgt zu haben.

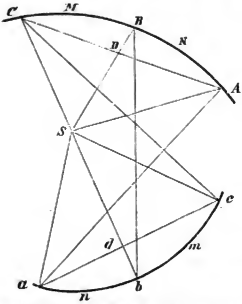
Der große Komet von 1680, derselbe, den eine phantastische Idee Halley's zum größten Unruh- und Unheilstifter der ganzen Weltgeschichte machte, den er zur Zeit der mosaischen Sintflut, wie der Ogygischen Flut, bei der Zerstörung von Ninive, im Trojanischen Kriege und beim Tode Julius Cäsar's erscheinen ließ, derselbe Komet bezeichnet den eigentlichen Anfangspunkt der wissenschaftlichen Kunde von den Kometen. Ein sächsischer Prediger, Georg Dörfel zu Plauen, trat öffentlich mit der kühnen Behauptung auf, daß dieser Komet, wie alle Kometen überhaupt, eine parabolische Bahn um die Sonne beschreibe, und einige Jahre später verwandelte Newton die Behauptung in eine wissenschaftliche Thatsache, indem er die Kometen unter die Herrschaft seines Gravitationsgesetzes stellte und ihren Bahnen die Form langgestreckter Ellipsen zuwies.



Parabel und Ellipse mit gleicher Brennweite.

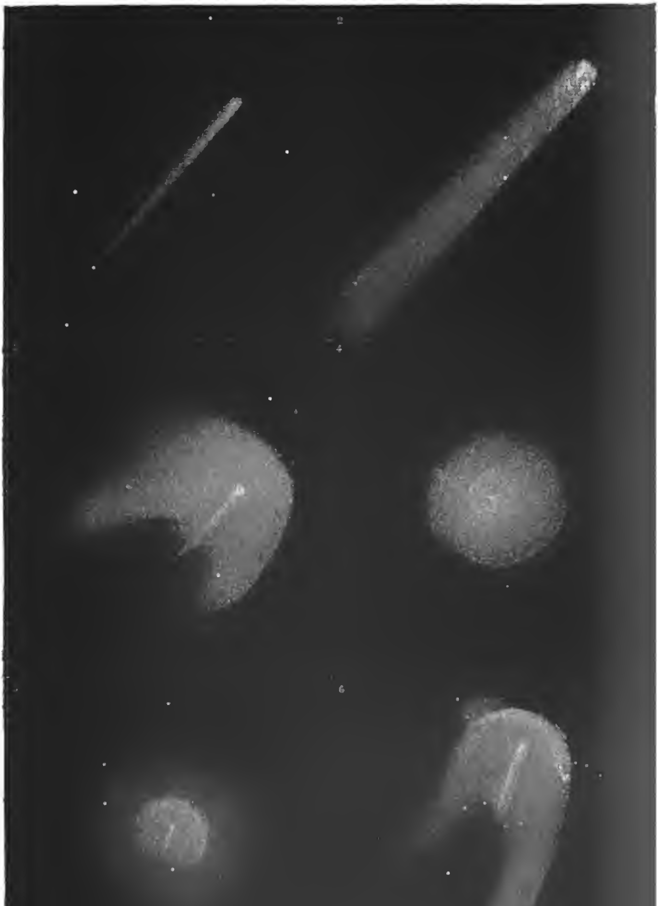
Jetzt zum ersten Male konnte der Gedanke aufsteigen, daß ein Komet aus den Tiefen des Weltenraumes wiederkehre, daß die Rechnung sogar Jahr und Tag seiner Wiederkehr vorher zu verkünden vermöge. Sie werden freilich fragen: „Wie ist es möglich, einen Kometen wieder zu erkennen, wenn er zurückkehrt?" An seiner äußeren Erscheinung schwerlich, das gebe ich zu; denn die Veränderlichkeit seiner Gestalt und Lichtstärke, seines Schweifes, seines Kerns und seiner Dunsthülle ist außerordentlich und macht ihn oft selbst vor unseren Augen in wenigen Tagen völlig unkenntlich. Aber der Astronom besitzt zum Glück andere und sicherere Steckbriefe, mit denen er seine Kometen in die Fernen des Raumes verfolgt, und diese verschafft ihm das Newton'sche Gesetz. Es sind die Bahnelemente. Sie wissen bereits von den Planetenbahnen her, was darunter zu verstehen ist. Hier sind es insbesondere die Neigung der Kometenbahn gegen die Ebene der Ekliptik, die Lage des Durchschnittspunktes beider Ebenen, d. h. sein Abstand von dem Frühlingspunkte oder die Länge des aufsteigenden Knotens, der

Abstand des Kometen von der Sonne in seiner Sonnennähe, oder die sogenannte Periheldistanz und die Lage dieses Punktes gegen die Ekliptik oder die Länge des Perihels, endlich die Richtung der Bewegung, die von West nach Ost oder von Ost nach West, rechtläufig oder rückläufig vor sich gehen kann. Um sich diese Bahnelemente zu verschaffen, muß der Astronom freilich beobachten können; aber schon drei Beobachtungen genügen ihm. Allerdings gewähren diese ihm nur eine parabolische Bahn des Kometen; aber für die kurze Dauer der Sichtbarkeit ist diese ausreichend, da eine sehr langgestreckte Ellipse und eine Parabel mit demselben Brennpunkte und demselben Scheitelpunkte erst in großer Entfernung von ihrem gemeinschaftlichen Scheitel merklich auseinander gehen. Erscheint nun ein neuer Komet, so vergleicht der Astronom sein Signalement mit dem früher beobachteten Kometen. Zeigt sich eine nahe Uebereinstimmung zwischen den Bahnelementen zweier zu verschiedenen Zeiten erschienenen Kometen, so kann der Astronom mit ziemlicher Gewißheit schließen, daß er es mit einem einzigen Gestirn zu thun hat. Ist ihm eine längere Zeit der Beobachtung gestattet, so kann er auch die Bahn des neuen Kometen berechnen, aus dieser seine Umlaufszeit und endlich aus der Umlaufszeit die Stunde der Wiederkehr ableiten.



Erläuterung der Berechnung einer parabolischen Kometenbahn.

Es kann natürlich nicht meine Absicht sein, Ihnen hier die Methode zu entwickeln, nach welcher man gegenwärtig, sobald drei Beobachtungen eines Kometen vorliegen, dessen parabolische Bahn berechnet. Um Ihnen indeß einen allgemeinen Begriff hiervon zu geben, mögen einige Betrachtungen, auf welche die mathematischen Entwicklungen sich stützen, hier Platz finden. Es bezeichne zu diesem Ende in nebenstehender Figur s den Ort der Sonne, A B C ein Stück der Kometenbahn und a b c das gleichzeitig von der Erde durchlaufene Stück ihrer Bahn. Um überhaupt eine Berechnung ausführen zu können, müssen wenigstens drei vollständige Beobachtungen des Kometen vorliegen. Sie geben die scheinbaren Orte C, B und A des Gestirnes. Aus den astronomischen Tafeln kennt man ferner die gleichzeitigen drei Orte der Erde in ihrer Bahn, nämlich a, b und c. Die Berechnung stützt sich nun auf die Annahme, daß sich die Größen der Linien ad und dc zu einander verhalten wie AD zu DC und gleichzeitig wie die Zeiten, innerhalb deren der Komet die Bogen N und M seiner Bahn durchlief. Im weiteren Verlaufe der Rechnung kommt es nun vorerst darauf an, die Größe von AC, CS und AS zu bestimmen. Dies ist aber in dem vorliegenden Falle nur möglich, wenn man die Größe von Cc und Ac kennt. Zur Kenntniß dieser Größen aber kann man nur durch Versuche gelangen; hat man sie aber endlich genau genug gefunden, so ist die weitere Rechnung sehr einfach und leicht. Die auf solche Weise zuerst abgeleitete provisorische Bahn wird später, wenn zahlreichere Beobachtungen vorliegen, successive verbessert, bis man endlich mit Hülfe der Methode der kleinsten Quadrate zu Resultaten kommt, welche alle Beobachtungen möglichst genau darstellen.



Der Halley'sche Komet. Nach John Herschel: 1. Ansicht des Kometen, im Sternbild des Ophiuchus am 24. Oktober 1835, gesehen mit bloßem Auge; 2. mit einem Fernrohr von 2¼ Meter Brennweite. — 3—6. Einzelheiten des Kometenkopfes während der Zeit von Ende Oktober 1835 bis Anfang Februar 1836.

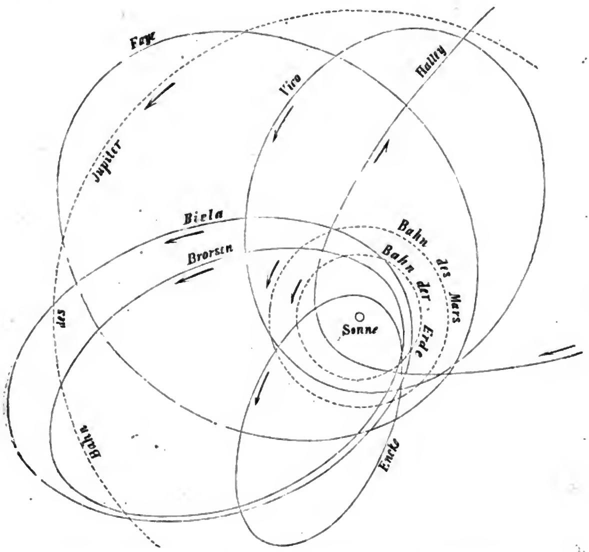
Die beste und noch jetzt angewendete Methode, die Bahn eines Kometen zu berechnen, veröffentlichte 1797 der Ihnen bereits bekannt gewordene Bremer Arzt und Astronom H. W. M. Olbers.

Der Erste, der in dieser Weise eine Anwendung von der Newton'schen Theorie auf die Kometen machte, war Halley zu Anfang d s vorigen Jahrhunderts. Er berechnete bereits 24 Kometenbahnen und kam dabei zu dem wichtigen Ergebniß, daß drei dieser berechneten Bahnen so nahe mit einander übereinstimmten, daß sie lediglich nur als die Bahnen eines und desselben zu drei verschiedenen Malen wiedergekehrten Kometen gelten konnten. Er kündigte daher die Wiederkehr dieses Kometen, dessen Umlaufszeit er auf 75—76 Jahre berechnet hatte, auf das Ende des Jahres 1758 oder Anfang 1759 an. Um Ihnen ein Urtheil zu gestatten über die Berechtigung, mit welcher Halley seine Vorhersagung publiziren konnte, will ich Ihnen die drei Bahnen in ihren Bahnelementen hier vorführen. Es sind folgende:

Komet von	1531	1607	1682
Durchgang durch das Perihel	August 26.	Oktober 27.	September 15.
Länge des Perihels	301° 12′	301° 38′	301° 56′
Länge des aufsteigenden Knotens . . .	45 30	48 40	51 11
Neigung der Bahn gegen die Erdbahn .	17 0	17 12	17 45
Periheldistanz	0.5799	0.5880	0.5829
Richtung der Bewegung:	rückläufig.	rückläufig.	rückläufig.

Natürlich konnte diese Vorhersagung nur eine sehr unbestimmte sein, da es Halley zu seiner Zeit noch unmöglich war, den Betrag der Störungen genau zu ermitteln. Die Lösung dieser schwierigen Aufgabe übernahm der französische Mathematiker Clairault, und eine gelehrte Frau, Madame Lepaute, unterstützte ihn dabei. Sechs volle Monate rechneten beide ununterbrochen, um die Zeit der Wiederkehr des Kometen mit Rücksicht auf die störenden Einflüsse der Jupiter- und Saturnanziehungen genau festzustellen. Sie fanden, daß durch diese Störungen eine Verzögerung des Kometen gegen seinen früheren Lauf um 618 Tage erfolgen, und daß der Komet daher wahrscheinlich erst am 13. April 1759 in seine Sonnennähe eintreten werde, wiewol sie auch hierbei eine Ungewißheit von etwa 30 Tagen nicht in Abrede stellen konnten. Alle Welt war im Jahre 1758, welches den Kometen in seiner Annäherung zur Sonne zuerst sichtbar machen mußte, gespannt, ob die Prophezeiung des längst gestorbenen großen Astronomen sich erfüllen werde. Ein Dilettant der Astronomie, der sächsische Landmann Palitzsch zu Prohlis bei Dresden, war es, der ihn mit seinem Fernrohre am 15. Dezember 1758 zuerst erblickte. Bald konnte man sich allgemein von der Erfüllung der Halley'schen Vorhersagung überzeugen; denn der Komet erschien wirklich in den im Voraus bestimmten Sternbildern und erreichte seine Sonnennähe am 12. März 1759, also innerhalb der angedeuteten Grenzen der Rechnung. Seitdem ist dieser Komet in den Jahren 1835 und 1836 bereits wieder erschienen und hat mehr wie je die astronomische Rechnung glänzend bestätigt. Der Unterschied zwischen dem berechneten und wirklichen Eintritt des Kometen in die Sonnennähe betrug damals nur 3 Tage, eine verschwindende

Größe im Vergleich zu der 76jährigen Umlaufszeit und den zahlreichen Störungen eines Laufes durch 700 Millionen Meilen mitten zwischen den gewaltigsten Welten unseres Planetensystems! Noch schärfer wird die Uebereinstimmung zwischen Rechnung und Beobachtung bei der nächsten Wiederkehr des Halley'schen Kometen sein, die der heutigen Jugend zu erleben beschieden ist. Sie findet nämlich statt im Jahre 1910, fast genau um 12 Uhr Mittags am 16. Mai wird der Komet seine Sonnennähe erreichen.



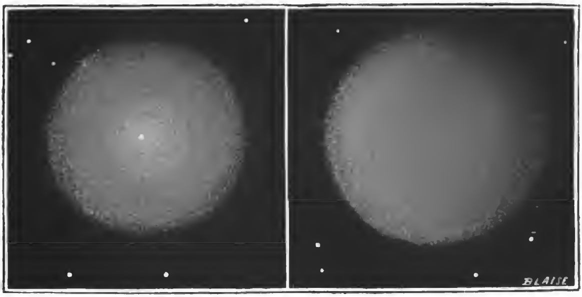
Die Bahnen von sechs periodischen Kometen unseres Sonnensystems.

Nicht lange nach Halley's großer That sollte die Wissenschaft auf dem Gebiete der Kometenforschung neue Triumphe feiern. Im Jahre 1770 entdeckte Messier einen Kometen, der lange genug am Himmel sichtbar blieb, um seine Bahnelemente mit großer Genauigkeit festzustellen. Zum ersten Male trat der Fall ein, daß die parabolischen Elemente mit den beobachteten Oertern des Kometen nicht übereinstimmten, daß man also eine wirkliche Ellipse für seine Bahn berechnen mußte. Lexell berechnete diese Ellipse und fand, daß die große Axe derselben nicht mehr als dreimal den Durchmesser der Erdbahn übertraf, daß der Komet also in 5 Jahren und 6—7 Monaten seinen Umlauf um die Sonne vollenden mußte. Man wunderte sich freilich darüber, daß ein Komet von so kurzer Umlaufszeit nicht bereits früher gesehen worden sei, und als er

vollends zur berechneten Zeit nicht wieder erschien, nannte man ihn spottweise „Lexell's verlorenen Kometen". Aber die Wissenschaft wies nun nach, daß diese kurze Bahn dem Kometen erst neuerdings gegeben war, als er am 27. Mai 1767 dem Jupiter so nahe kam, daß dessen mächtige Anziehung ihn im Laufe hemmte. Allerdings war er der Rechnung nach im Jahre 1776 noch einmal zur Sonne zurückgekehrt, und man würde ihn gesehen haben, wenn er nicht zur günstigsten Zeit hinter der Sonne und zugleich in einem Abstande von 40 Millionen Meilen von der Erde gestanden hätte. Aber das Ueberraschendste war, daß die Rechnung jenen Spott in wirklichen Ernst verwandelte, daß sie ihn wirklich als einen „verlorenen Kometen" erwies. Bei seiner abermaligen Rückkehr auf seiner neuen Bahn mußte der Komet nämlich dem Jupiter wiederum so nahe gekommen sein, daß er sogar zwischen ihm und seinen Monden hindurch gegangen war, so daß die Anziehung desselben die eben erst erhaltene Bahn abermals umgewandelt hatte und zwar in eine langgestreckte Ellipse, die ihm nicht gestattete, jemals auch nur den Abstand der Ceres von der Erde zu erreichen.

Einem Phantome gleich war dieser kaum für die Wissenschaft eroberte Komet den Gesetzen des Himmels zufolge in den Raum entschwunden, in den Köpfen der großen Menge mehr eine Saat des Aberglaubens als des Vertrauens zurücklassend. Dem 19. Jahrhundert war es beschieden, Kometen von kurzer Umlaufszeit zu entdecken, durch deren regelmäßige Wiederkehr der wankend gewordene Glaube an die Macht der Rechnung über die Kometenwelt wieder hergestellt wurde. Im Januar 1786 sah der eifrige Kometenjäger Méchain einen kleinen unansehnlichen Kometen, aber es gelang ihm nur, zwei vollständige Beobachtungen des Gestirnes zu erhalten. Der Komet war also damals für die Bahnberechnung verloren. Erst im Jahre 1793 sah Miß Caroline Herschel das Gestirn wieder, darauf wurde der Komet bei seiner späteren Rückkehr nochmals (1805) von Bouvard und (1819) von Pons entdeckt, ohne daß man die Identität mit den früheren Erscheinungen ahnte. Erst als Encke, damals noch Adjunkt auf der Sternwarte Seeberg bei Gotha, die Bahn des Kometen genauer untersuchte, fand er, daß alle vorgenannten Erscheinungen einem und demselben Kometen zuzuschreiben seien, dessen Umlaufszeit 3 Jahre 4 Monate betrage. Diese Entdeckung bestätigte sich bald, gleichfalls aber auch die von Encke signalisirte Thatsache, daß der Komet bei jedem Umlaufe den Punkt seiner Sonnennähe ungefähr $^1/_9$ Tag früher erreiche. Diese Verkürzung der Umlaufszeit ist das einzige bis jetzt bekannte Beispiel im Sonnensysteme. Zur Erklärung nahm Encke, von Olbers aufmerksam gemacht, an, daß ein die Himmelsräume erfüllendes Medium, der Aether, die Tangentialgeschwindigkeit des Kometen hemme, wodurch letzterer der Sonne näher rücken und seine verengtere Bahn mit größerer Geschwindigkeit durchlaufen muß. „Daß die dichten und festen Planeten", schreibt Olbers an Encke, „keinen jetzt merklichen Widerstand erleiden, beweist noch nichts für Kometen, die bei oft wol tausendmal größerem Volumen vielleicht tausendmal weniger Masse enthalten. Besonders scheint bei dem Pons'schen Kometen ein solcher Widerstand schon a priori fast erwiesen. Er bewegt sich während eines nicht unbeträchtlichen Theiles seines Umlaufes in derjenigen Gegend des Weltenraumes, in welcher sich der Stoff des Thierkreis-

lichtes befindet. Er ist derselbe, durch dessen Mitte Herschel am 9. November 1795 einen Doppelstern 12.—13. Größe noch fast ungeschwächt sehen konnte. Dies beweist doch wol, daß die Dichtigkeit dieses Kometen zu der Dichtigkeit des Thierkreislichtes ein komparables Verhältniß haben wird und also der Widerstand nicht ganz unmerklich sein kann. Wäre also auch der ganze übrige Weltraum selbst für Kometen als völlig leer und widerstandslos anzusehen, was ich doch nicht glaube, so ist gewiß der vorhandene Stoff des Thierkreislichtes hinreichend, die Erscheinung einer Verkürzung der Umlaufszeit und Verminderung der Excentrizität zu erklären." Bessel war dieser Meinung nicht. „Es kann wohl sein", schreibt er an Encke, „daß der Schweif die Ursache des schnelleren Umlaufes ist und zwar auf zwei verschiedene Arten, denn theils kann der Kopf des Kometen durch die Entwicklung des Schweifes zwischen den Schwerpunkt, welcher sich nach den Kepler'schen Gesetzen bewegt, und die Sonne gebracht, also dieser genähert werden, ohne daß er wegen des Verlustes des Schweifes wieder zurückgehen könnte; theils kann die ausgestoßene Schweifmaterie fortfahren, eine Repulsivkraft zu äußern, wodurch sie den Kern der Sonne zutreibt."



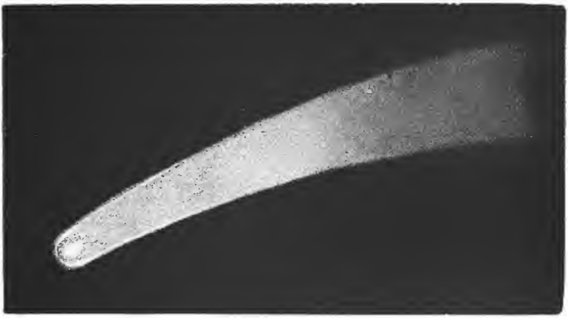
Komet ohne Schweif. Kometarischer Nebel.

In einem Briefe an Gauß erinnert Encke diesen daran, daß er einst den Gedanken geäußert habe, es könne bei Kometen eine rückstoßende Kraft wirken, die besonders die Umlaufszeit beeinflussen würde. Bis an seinen Tod hat Encke die Vorausberechnungen für den allgemein nach ihm benannten Kometen geliefert und auch die Vergleichung der Beobachtungen mit den Rechnungen durchgeführt. Es fand sich regelmäßig eine Beschleunigung, aber diese von ungleichem Werthe. Nach Encke's Tode unternahm E. von Asten eine neue und umfassende Untersuchung des Encke'schen Kometen. Als vorläufiges Resultat dieser großen und noch nicht beendigten Arbeit fand der genannte Astronom, daß zwar die Beschleunigung der Umlaufszeit des Enke'schen Kometen als Thatsache betrachtet werden müsse, daß jedoch Unregelmäßigkeiten in derselben vorkommen, deren Gesetze uns zunächst noch unbekannt sind. Dies veranlaßte Dr. von Asten, die Encke'sche Hypothese eines widerstehenden Aethers zu Gunsten der Bessel'schen Annahme zu verlassen, welche die Ursache der Erscheinung in der Wirkung einer

Polarkraft sucht, durch welche materielle Theilchen vom Kometen ausgeströmt werden. Die Existenz einer solchen Ausströmung und die Gesetze, nach welchen sie wirkt, hat Bessel in seiner berühmten Abhandlung „Beobachtungen über die physische Beschaffenheit des Halley'schen Kometen und dadurch veranlaßte Bemerkungen" untersucht und bewiesen. In einem anderen Aufsatze, „Bemerkungen über mögliche Unzulänglichkeit der die Anziehungen allein berücksichtigenden Theorie der Kometen", welcher direkt gegen Encke's Hypothese gerichtet ist, zeigt Bessel, daß die Reaktion der Ausströmung gegen den Kometenkern Veränderungen in der elliptischen Bewegung desselben hervorbringen müsse, welche nur dann, unter plausibeln Annahmen für das Verhältniß der ausgeströmten Materie zu der Masse des Kometen, als für die Beobachtung unmerklich vorausgesetzt werden dürfen, wenn man annimmt, daß die Intensität der Ausströmung in symmetrischen Lagen zum Perihel identisch ist. Die Ausströmung von Materie ist aber, wie bei den meisten Kometen, so auch beim Encke'schen mehrfach beobachtet worden. Unter den vorhandenen Abbildungen wird die Existenz derselben am deutlichsten durch die Zeichnungen konstatirt, welche uns Professor Hall für die Erscheinung von 1871 geliefert hat. Daß aber durch Prozesse, welche mit dem Ausströmungsphänomen in engem Zusammenhange stehen, sich materielle Theile vom Kometen ablösen können, deren Masse zur Masse des Kometen durchaus nicht als verschwindend betrachtet werden darf, dafür haben wir ein eklatantes Beispiel an einem Kometen, der 1826 vom Hauptmann von Biela in Josephstadt in Böhmen entdeckt wurde und über welchen ich mich im Folgenden näher verbreiten werde. Dieser Komet gehört ebenfalls zu denjenigen von kurzer Umlaufszeit, denn er durchläuft seine Bahn in etwa $6^3/_4$ Jahren. Faye in Paris entdeckte am 23. November 1843 einen dritten Kometen mit der kurzen Umlaufszeit von $7^1/_2$ Jahren, der am 7. September 1848 von Bruhns in Berlin wieder aufgefunden wurde. Einen andern Kometen entdeckte der Pater de Vico in Rom im Jahre 1844. Der Berechnung nach mußte dieser in $5^1/_2$ Jahren seinen Umlauf vollenden; aber leider ist es weder im Jahre 1850 noch 1855 gelungen, ihn bei seiner Wiederkehr zu beobachten. Glücklicher ist man in Betreff eines fünften Kometen gewesen, der von Brorsen in Kiel am 26. Februar 1846 entdeckt wurde, dessen Umlaufszeit gleichfalls auf $5^1/_2$ Jahre berechnet wurde, und der auch in der That am 18. März 1857 wieder aufgefunden wurde. Ebenso ist der von d'Arrest in Leipzig am 27. Juni 1851 entdeckte Komet mit einer Umlaufszeit von $6^1/_2$ Jahren im Dezember 1857 am Kap der guten Hoffnung wieder beobachtet worden. Endlich hat das Jahr 1858 zwei neue Kometen mit kurzer Umlaufszeit gebracht, den von Tuttle am 4. und von Bruhns am 11. Januar entdeckten Kometen mit einer Periode von $13^6/_{10}$ Jahren und den von Winneke in Bonn am 8. März entdeckten mit einer berechneten Umlaufszeit von $5^1/_2$ Jahren. Ferner hat Tempel im Jahre 1867 einen Kometen von $5^7/_{10}$ Jahren Umlaufszeit entdeckt, der bereits 1873 bei seiner Wiederkehr beobachtet wurde.

Diese sogenannten inneren Kometen, deren Bahnen noch von der äußersten der uns bekannten Planetenbahnen umschlossen werden, bilden natürlich nur einen sehr kleinen Theil van der Gesammtheit der im Weltenraume überhaupt

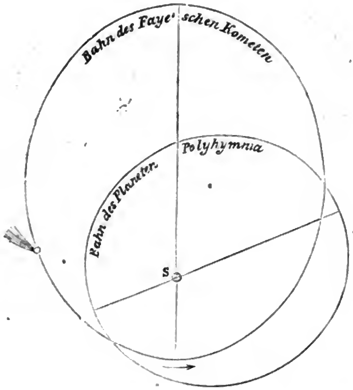
vorhandenen Kometen, die nach allen Richtungen hin das Gebiet des Sonnensystems durchschwärmen. Man hat nach den Grundsätzen der Wahrscheinlichkeitsrechnung, also unter der Annahme einer gleichmäßigen Vertheilung der Bahnen, der Grenzen und der Sonnennähe versucht, annähernd die Zahl der Kometen zu schätzen, und immer hat die Schätzung auf viele Tausende geführt. Nur ein kleiner Theil von ihnen kann uns überhaupt sichtbar werden, da selbst das am schärfsten bewaffnete Auge nur noch für Diejenigen ausreicht die innerhalb der Marsbahn ihre größte Nähe zur Sonne erreichen. Auch die Mangelhaftigkeit früherer Beobachtungen hat einen bedeutenden Antheil an der geringen Zahl bekannter Kometen. Die Geschichte berichtet nur von etwas über 500 mit bloßen Augen gesehenen Kometen, die natürlich gegen die teleskopisch sichtbaren verschwinden müssen. Ein Jahrhundert bringt durchschnittlich nicht mehr als 20 dem unbewaffneten Auge erkennbare Kometen, das in dieser Beziehung kometenreichste, das 18., brachte deren 36, das 17. nur 12. Bisweilen vergehen 30—40 Jahre, ohne daß ein Komet dem bloßen Auge am Himmel erscheint. Das Teleskop entdeckt dagegen in neuerer Zeit alljährlich mehrere, im Jahre 1846 sogar 8 kleine Kometen.



Komet von 1811.

Ganz so steht es mit der Berechnung der Kometenbahnen. Sie wissen, daß seit einer kurzen Zeit es überhaupt erst möglich geworden ist, Kometen in den Bereich der Rechnung zu ziehen. Die wenigsten gestatten überdies eine genügende Zahl von Beobachtungen und nöthigen, sich auf parabolische Bahnbestimmungen zu beschränken, die doch nur für ein kleines Bahnstück Geltung haben und keine Wiederkehr voraussehen lassen. Von 197 bis zum Jahre 1853 berechneten Kometenerscheinungen haben nur 46 gestattet, elliptische Elemente zu berechnen. Aber auch bei diesen ist die Verkündigung einer Wiederkehr mit großen Schwierigkeiten verknüpft. Fast alle halten sich keineswegs in einer solchen Nähe, daß sich ihre Umlaufszeit auf Jahre, ja selbst auf Jahrhunderte mit einiger Wahrscheinlichkeit bestimmen ließe. Die meisten deuten auf Hunderte und Tausende von Jahren hin, die bis zur Zeit ihrer Wiederkehr verstreichen müssen. Der große Komet von 1769 besitzt nach Bessel's Berechnung

eine Umlaufszeit von 2090 Jahren. Der bewunderte Komet des Jahres 1858, der Donati'sche, durchläuft seine Bahn nach der Berechnung von E. v. Asten in 1880 Jahren. Sie können sich denken, welche ungeheuere Strecke er zu durchmessen hat, und welche Kontraste dadurch für seine Bewegung wie für seine Naturverhältnisse bedingt werden. Der flüchtigste Planet erscheint ernst, bedächtig gegen einen solchen Kometen, der in seiner Sonnennähe mit einer Geschwindigkeit von $7^6/_{10}$ Meilen in jeder Sekunde dahinschießt und in seiner Sonnenferne nur durch 100 Meter in der Sekunde fortschleicht, der sich einmal bis auf $11^9/_{10}$ Mill. Meilen, also fast den halben Abstand unserer Erde, der Sonne nähert, dann wieder auf 6000 Mill. Meilen, also den 10maligen Abstand des Neptun, in den Raum hinausfliegt, dem einmal die Sonnenscheibe fast dreimal so groß als uns und dann wieder kaum im Durchmesser von 6 Sekunden, also kaum in der Größe der Merkur- oder Marsscheibe erscheint. Und das sind bei weitem noch nicht die großartigsten Kontraste, welche die Kometenwelt mit ihren weitgeschweiften Bahnen darbietet. Der berühmte Komet von 1811 braucht 3069 Jahre, um seinen Lauf um die Sonne zu vollenden. Der schöne Komet von 1825, der sogenannte Stier-Komet, hat eine Umlaufszeit von 4386 Jahren. Jener Komet von 1680, dem Whiston alles Unheil in der Weltgeschichte aufbürden wollte, durchwandert seine Bahn nach den Berechnungen



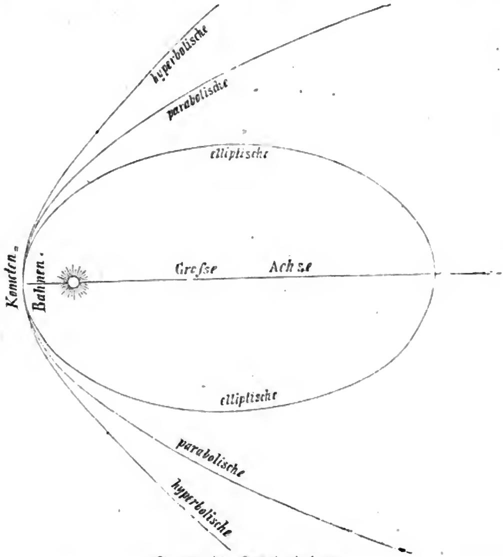
Vergleichung der Excentrizität der Planeten- und Kometenbahnen.

Encke's in 8814 Jahren, also in einem Zeitraume, der weit über die Grenzen unserer ganzen Weltgeschichte hinausgeht. Seine Unheilsbestimmung scheint überhaupt viel eher für den Himmel und ihn selbst als für unsere kleine Erde Bedeutung zu haben. Denn er ist es, der unter den bekannten Kometen mit in die gefährlichste Nähe zur Sonne kommt, der sich bei seinem letzten Erscheinen dem Sonnenmittelpunkt bis auf 128,000 Meilen näherte, um dann freilich wieder auf 17,700 Mill. Meilen in die Ferne zu wandern. Im Jahre 1844 ward endlich zu Paris ein Komet entdeckt, dessen Bahnelemente nach der Berechnung von Plantamour auf eine Umlaufszeit von mehr als 100,000 Jahren schließen lassen. Und auch das ist noch nicht die größte Zahl, auf welche die Rechnung in der Kometenwelt geführt hat; doch muß ich Sie freilich daran erinnern, daß in Bezug auf Bestimmung kometarischer Umlaufszeiten die Rechnung, aus Gründen, die Sie schon kennen, keine ganz zuverlässige Führerin ist.



Der Donati'sche Komet am 24. und am 26. September 1858.

Die Kometen beschreiben elliptische Bahnen von außerordentlich großer Excentrizität. Schon die Bahnen der inneren Kometen oder derjenigen von kurzer Umlaufszeit sind im Vergleich mit den excentrischsten Planetenbahnen sehr langgezogen oder elliptisch. Zum Vergleich sehen Sie (Figur S. 328) die sehr elliptische Bahn des kleinen Planeten Polyhymnia und die Bahn des Faye'schen Kometen. Letztere nähert sich unter allen Kometenbahnen beinahe am meisten der Kreisform und doch übertrifft sie an Excentrizität selbst die Bahn des genannten Planetoiden bedeutend.



Formen der Kometenbahnen.

Die genaueren Untersuchungen der Neuzeit haben ferner zu dem merkwürdigen Resultate geführt, daß einige wenige Kometen sich weder in elliptischen noch in parabolischen Bahnen bewegen, sondern sogenannte Hyperbeln beschreiben. In welchem Sinne eine solche Bahn von der elliptischen und parabolischen abweicht und wie diese Abweichung mit der Entfernung von der Sonne immer größer wird, ersehen Sie deutlich aus obiger Figur.

Wenn ich Sie darauf aufmerksam machte, daß Berechnungen der Umlaufszeit von Kometen auf keine große Genauigkeit Anspruch machen können; wenn ich bemerke, daß solche von 200—300 Jahren schon bei einem Kometen, wie dem Donati'schen, selbst wenn auch auf die Störungen der Planeten, die seinen Weg kreuzen, Rücksicht genommen wird, eine sehr wahrscheinliche Größe sind, so werden Sie einsehen, welche Ungerechtigkeit es ist, wenn man den Astronomen vorwirft, wie es 1843 geschehen, daß sie sich durch einen der schönsten Kometen überraschen ließen.



Der Donati'sche Komet am 3 und am 5. Oktober 1858.

Eben so unbillig ist es, wenn man von ihnen verlangt, daß sie den Ort und die Zeit eines wiedererscheinenden Kometen mit derselben Sicherheit vorherbestimmen sollen, wie Ort und Zeit eines Planeten. In Betreff der Planetenörter läßt sich ein Astronom nicht gern Irrthümer zu schulden kommen. Sie wissen ja, daß die Unruhe über solche vermeintliche Fehler, die man bei den Beobachtungen des Uranus gemacht zu haben fürchtete, zu der schönsten Entdeckung unseres Jahrhunderts geführt hat. Aber gerade diese Entdeckung eines noch nie gesehenen Weltkörpers durch die bloße Kunst der Berechnung hat man von Seiten einiger unvernünftigen Leute, die aber gerne öffentlich reden, zum Vorwand genommen, von den Astronomen die Entfaltung einer ähnlichen Geschicklichkeit in Betreff der Kometenprophezeiungen zu verlangen. Das Erscheinen eines Weltkörpers vorherzusagen, den man noch nie gesehen hat, der auch noch nicht einmal die geringste Spur einer Wirkung gezeigt hat, das, werden Sie zugeben, ist eine Unmöglichkeit. Jener berechnete Planet, der Neptun, auf den man sich beruft, war keineswegs so ganz unbekannt; seine Wirkungen waren erkennbar in den durch Beobachtungen genau bekannten Bewegungen der übrigen Planeten. Für die Kometen ist eine solche Bekanntschaft nicht zu erwarten. Sie stehen nicht alltäglich am Himmel, wie die Planeten; mancher von ihnen kehrt nach Jahrhunderten und Jahrtausenden erst wieder, und wenn er erscheint, entzieht er sich den Augen des Astronomen oft schon nach wenigen Tagen und Wochen wieder. In Wochen aber vollbringt man nicht die Arbeit von Jahrtausenden. Was man berechnen soll, muß man beobachtet haben; beobachtet aber werden die Kometen wenigstens in Europa erst seit kaum 400 Jahren; gesehen hat man sie vor Jahrtausenden, aber leider nur mit den Augen des Wahnes.

Daß man trotz so mangelhafter Beobachtungen es gelernt hat, Kometen vorher zu verkündigen, und zwar mit Glück und bewunderungswürdiger Sicherheit, das hat die letzte Erscheinung des Halley'schen Kometen bewiesen. Daß man aber niemals Minute und Stunde, selten selbst Tag und Jahr einer solchen Wiederkehr anzugeben vermag, das liegt in dem launenhaften, unselbständigen Charakter dieser Himmelswanderer. Auf ihrem weiten Wege begegnen sie einer Menge von Planeten, und von jedem lassen sie sich aufhalten oder vorwärts treiben, rechts oder links ablenken. Sie wissen zwar, daß auch die Planeten Störungen von einander erleiden; aber diese Störungen sind nur äußerst klein, überdies vorübergehend und in bestimmte Perioden abgeschlossen. Bei den Kometenstörungen ist der Astronom wegen der unvollkommenen Rechnungsmethoden noch nicht einmal im Stande, ihre Größe allgemein für einen längeren Zeitraum anzugeben, sondern er muß sie etwa von 20 zu 20 Tagen durch den ganzen Lauf des Kometen und für jeden einzelnen Planeten verfolgen. Dies erfordert für ein einziges Jahrhundert die Zahl von 20,000 der schwierigsten Rechnungen, eine Arbeit, welche die halbe Lebenszeit des geschicktesten Rechners in Anspruch nehmen würde. Wundern Sie sich also nicht, daß erst für wenige Kometen eine solche Rechnung ausgeführt worden ist! Dazu kommt, daß die Störungen bei den Kometen nicht wie bei den Planeten nur innerhalb gewisser Grenzen ab- und zunehmen, — Sie wissen, daß darauf die Stabilität unseres in parallelen

Bahnen und fast gleichen Ebenen sich bewegenden Planetensystems beruht, — sondern so weit anwachsen können, daß sie allmählich eine vollkommene Umgestaltung der Kometenbahn bewirken und den Kometen sogar für immer aus dem Bereiche unserer Beobachtung entrücken können.

Die letztere Eigenthümlichkeit haben Sie bereits beim Lexell'schen Kometen kennen gelernt. Er ist indeß nicht der einzige dieser Art, denn der Brorsen'sche Komet bietet ein zweites Beispiel. Nach den Berechnungen von Professor d'Arrest ist dieser Komet in seine gegenwärtige Bahn geworfen worden, als er, aus den Tiefen des Weltraumes kommend, sich im Frühlinge 1842 dem mächtigen Planeten Jupiter sehr näherte. Vor dieser Zeit beschrieb er eine Bahn, in welcher er der Sonne nie näher als 30 Mill. Meilen kam und sich bis zu 117 Mill. Meilen von ihr entfernte. Wie der Planet Jupiter den Kometen gebracht hat, so wird er seine Bahn auch wieder verändern, letzteres findet wahrscheinlich gegen das Jahr 2000 unserer Zeitrechnung statt.

Am 1. März des Jahres 1556 erblickte der Wiener Astronom Fabricius im Sternbild der Jungfrau einen Kometen, der allerdings nicht zu den glänzendsten seines wunderbaren Geschlechts gehörte, doch im Kern die Größe des Jupiter und einen Schweif von vier Grad Länge zeigte. Es war derselbe Komet, welcher, wie die Geschichte meldet, den Kaiser Karl V. zur Niederlegung seiner Kaiserkrone veranlaßte. Halley berechnete später aus den sorgfältigen Beobachtungen dieses Astronomen, die uns leider nicht vollständig aufbewahrt sind, die Bahnelemente des Kometen. Als der englische Astronom D u n t h o r n e in der Mitte des vorigen Jahrhunderts diese Beobachtungen mit den chinesischen früherer Jahrhunderte verglich, fand er eine auffallende Uebereinstimmung zwischen seinen Bahnelementen und denen eines im Juli des Jahres 1264 in China beobachteten und in Europa durch den Tod Urban's IV., den man ihm schuld gab, historisch gewordenen Kometen, der zu den prachtvollsten aller Zeiten gehörte. Sie wissen, was solch eine Uebereinstimmung zu bedeuten hat, und Dunthorne sprach es aus. Er erklärte beide Erscheinungen für die eines einzigen Gestirnes, das seinen Umlauf um die Sonne in 292 Jahren vollende und darum im Jahre 1848 wiedererscheinen werde. In der letzten Hälfte des vorigen Jahrhunderts nahm der französische Astronom Pingré die Arbeiten Dunthorne's wieder auf. Eine Menge neu aufgefundener Notizen über jenen Kometen gab seinen Berechnungen größere Sicherheit, und er fand nicht nur die früheren Resultate bestätigt, sondern bemerkte auch eine große Uebereinstimmung der Bahnelemente zwischen den Kometen des Jahres 1264 und 1556 und einem im Jahre 975 erschienenen Kometen, der seitdem gleichfalls für eine frühere Erscheinung desselben Gestirnes gelten mußte. In neuerer Zeit sind von Hind in London und besonders von dem holländischen Astronomen Bomme in Middelburg sorgfältige Berechnungen dieses Kometen ausgeführt worden, und Letzterer hat sogar die wichtigen Planetenstörungen in seine Rechnung aufgenommen. Als Resultat dieser mühevollen und weitläufigen Arbeit hat sich ergeben, daß der Komet unter der alleinigen Einwirkung der Sonne seinen Umlauf in 308 Jahren vollenden würde, daß aber diese Zeit durch die Planetenstörungen zwischen den Jahren 1264 und 1556 um 16 Jahre verkürzt wurde, während der gegenwärtige Umlauf

sich nur um 6 Jahre verkürzen würde, sodaß der Komet bereits nach 302 Jahren, also im August des Jahres 1858, wiedererscheinen müsse. Sie wissen, daß sich diese Vorhersagung nicht erfüllt hat. Allerdings wurde schon von Hind bei der geringen Genauigkeit der früheren Beobachtungen für das Resultat Bomme's trotz seiner bewunderungswürdigen Rechnungen eine Unsicherheit von mindestens zwei Jahren geltend gemacht, so daß die Rückkehr des Kometen noch bis zum Ende des Jahres 1860 erwartet werden konnte. Aber Sie müssen noch ferner bedenken, daß dies Alles überhaupt nur Giltigkeit hat, wenn die bisher vermuthete Identität der beiden Kometen von 1264 und 1556 in Wirklichkeit besteht. Allein auch diese Vermuthung ist in neuester Zeit bedeutend erschüttert worden. Einerseits sind von Littrow in Wien alte, bisher unbekannte Beobachtungen des Kometen von 1556 aufgefunden worden, andererseits hat Hoek die alten, namentlich chinesischen Beobachtungen des Kometen von 1264 genau untersucht, und es hat sich daraus eine größere Verschiedenheit beider Bahnen ergeben, als man ursprünglich angenommen. Die Wahrscheinlichkeit einer Wiederkehr jenes Kometen ist damit bedeutend vermindert.

Ich habe Sie einmal einen Blick in die Geschichte und das Wesen einer astronomischen Prophezeiung werfen lassen. In halb vermoderten europäischen und halb unverständlichen chinesischen Urkunden findet der Astronom Mittel, einen Weltkörper weit über die Grenzen der Neptunsbahn, die der berühmte Halley'sche Komet kaum überschreitet, in eine 1800 Millionen Meilen weite Ferne zu verfolgen. Er schlägt das Gesetzbuch des Himmels auf und erforscht daraus die Störungen, welche dieser ferne Wanderer im Laufe von drei Jahrhunderten erleidet. Stolz auf die Sicherheit seiner Rechnungen, kennt er doch die Unsicherheit der überlieferten Beobachtungen, und mit wissenschaftlicher Bescheidenheit setzt er danach seiner Prophezeiung Grenzen.

Nicht von den Astronomen also konnte jene wahnsinnige Prophezeiung ausgehen, welche vor nahe zwei Jahrzehnten über Millionen Köpfe der gebildetsten Länder Europa's die heilloseste Verwirrung brachte. Irgend ein müßiger Kopf war es, der sich den unzeitigen Spaß gemacht hatte, gerade den 13. Juni 1857 als Tag der Wiederkehr jenes Kometen von 1556 anzugeben und einige nichtige, den Geist der Menge bethörende Voraussetzungen von einem durch ihn drohenden Weltuntergang damit in Verbindung zu bringen. Sie wissen, daß er leider nur zu viel Gläubige für diesen Unsinn fand. Es war, als ob plötzlich ein finsteres Gespenst des Mittelalters zum Schrecken aller wahrhaft Gebildeten und zur Schmach unseres aufgeklärten Jahrhunderts mitten unter uns auftauchte. Und doch war es nur das Symptom einer tiefer liegenden Krankheit. Uebrigens erinnert der ganze Vorfall an einen ähnlichen tollen Schwindel, der im Jahre 1798 ganz Paris in Schrecken setzte. Ein Spaßvogel hatte sich im Journal de l'Indicateur den Muthwillen gemacht, das Publikum mit der Nachricht von zwei Kometen, dem einen von Feuer, dem anderen von Wasser, die nächstens erscheinen würden oder schon erschienen wären, zu unterhalten, und am Ende beizufügen, daß der berühmte Astronom Lalande wahrscheinlich das Nähere über diese bedenkliche Sache dem Publikum berichten würde. Einige Tage darauf kamen viele Besuche und Briefe an Lalande, von dem man theils aus Neugier

und noch mehr aus Furcht Nachricht über diesen Kometen verlangte. Er war nun genöthigt, um sich von dieser lästigen Korrespondenz zu befreien, eine Nachricht an das Publikum in das Journal de Paris einrücken zu lassen; aber die Furcht war außerordentlich, ein panischer Schrecken hatte die Pariser ergriffen, und zeigte ihre astronomischen Kenntnisse in keinem vortheilhaften Lichte. Man lief auf das „Observatoire nationale", um dort Erkundigungen zu holen; man verkaufte die absurdesten Nachrichten über diesen Kometen, die man auf den Straßen ausrief. Am Tage selbst, wo der Komet erscheinen und den Untergang der Welt bringen sollte, waren Neugierige auf dem Pont neuf und den Quais, um — Venus und Jupiter anzustaunen. Als die vermeintliche Gefahr vorbei war, verwünschten die Poissardes den Astronomen, der, ihrer Meinung nach, ihnen diese unnöthige Furcht verursacht hatte.

Ich denke nicht gern an jene düstere Zeit zurück, über die noch nach Menschenaltern jeder echte Patriot erröthen wird. Ein Blick in die Himmelsräume ist wohlthuender. Da sehen Sie nun diese furchtbaren, wundersamen Kometenschweife ausgestreckt, die so oft das Staunen der schauenden Menge und ihre abergläubische Furcht erregten. In älteren Zeiten konnte man sich einen Kometen gar nicht ohne diesen Schweif oder Besen, wie die Chinesen sagen, denken. Aber doch haben nicht alle Kometen Schweife. Die merkwürdigen Kometen von 1585, 1665, der Halley'sche Komet bei seiner fünften Erscheinung im Jahre 1682 und der Komet von 1763 zeigten keine Spur eines Schweifes.



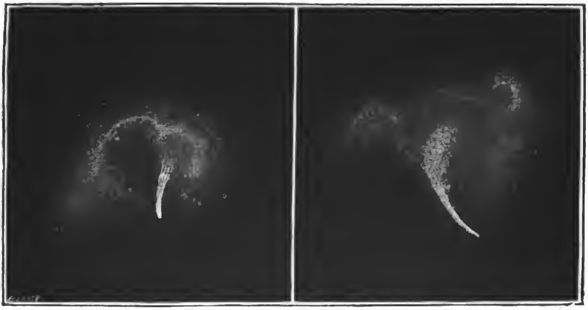
Komet mit vielfachem Schweif, vom Jahre 1744.

Auch der Encke'sche Komet erscheint bekanntlich stets nur in der Gestalt einer runden Scheibe oder verschwommenen Nebelmasse. Daraus erklärt sich auch, daß man bei der Entdeckung neuer Planeten, wie des Uranus und der Ceres, Anfangs zweifeln konnte, ob man sie nicht für Kometen halten sollte. Andere Kometen dagegen entwickeln furchtbar prächtige Schweife. Der des Kometen von 1843 erreichte eine Länge von 60°, der Komet von 1769 zeigte einen Schweif von 97° und der von 1618 sogar einen von 104° Länge. Bisweilen sind sogar mehrere, gänzlich von einander gesonderte Schweife vorhanden. So hatte der seltsame Komet von 1744 am 7. und 8. März sechs durch dunkle Zwischenräume getrennte Schweife, deren jeder eine Breite von etwa 4° und eine Länge von 30—40° besaß und scharfe und helle Ränder zeigte. Auch der in

Neuholland beobachtete Komet von 1825 hatte fünf Schweife, deren Strahlen einander kreuzten. Der doppelt geschweifte Komet von 1823 zeigte die eigenthümliche Erscheinung, daß die beiden Schweife einen stumpfen Winkel von etwa 160° mit einander bildeten, so daß der eine Schweif also fast der Sonne zugekehrt war. Aus der scheinbaren Größe eines Kometenschweifes läßt sich, wie Sie wissen, über die wahre Größe desselben durchaus kein Urtheil fällen, hierbei muß man nämlich auch die Entfernung des Kometen von unserer Erde mit in Anschlag bringen. Die mit Rücksicht hierauf ausgeführten Rechnungen ergaben für manche Kometen wahrhaft ungeheure Schweife. So dehnte sich der Schweif des ersten Kometen von 1843 am 28. März jenes Jahres bis zu 30 Millionen Meilen aus, er übertraf also die Entfernung der Erde von der Sonne noch um die Hälfte. Der ungeheuer groß erscheinende Schweif des Kometen von 1618 war dagegen nur 10 Millionen Meilen lang, immerhin noch eine ungeheure Ausdehnung im Vergleiche mit der Größe eines Planeten. Meist entwickeln sich die Schweife erst mit der Annäherung der Kometen zur Sonne. So erschien auch der Donati'sche Komet Anfangs völlig schweiflos. Zur Zeit seiner Entdeckung, am 2. Juni 1858, erschien er als eine äußerst lichtschwache, verwaschene Nebelmasse von 1—2 Minuten Durchmesser, in seiner Lichtstärke kaum einen Stern zehnter bis elfter Größe erreichend. Als er am 28. August auch an unserem nordischen Himmel mit bloßen Augen sichtbar ward und sein Kern bereits die Helligkeit eines Sternes fünfter bis sechster Größe besaß, war von seinem Schweife noch kaum eine Spur zu erkennen. Dann erst begann er sein wunderbares Wachsthum zu entwickeln. In wenigen Tagen hatte er den Glanz der Sterne vierter Größe erreicht und Ende September wetteiferte er mit den glänzendsten Sternen des Fixsternhimmels und sein Schweif war auf eine Länge von 18° angewachsen. Nach seiner Entfernung geschätzt, maß der Schweif jenes Kometen damals in Wirklichkeit $5\frac{1}{2}$ Millionen Meilen; — freilich will das nicht viel sagen gegen den Schweif des Kometen von 1843. Einen ähnlichen Wechsel in Gestalt und Aussehen bieten viele Kometen auch bei ihrem Verschwinden dar. Kein Komet aber ist so geeignet, die ganze Mannichfaltigkeit der Erscheinungen, die theils durch die verschiedenen Stellungen des Kometen gegen Erde und Sonne, theils wol durch wirkliche Veränderungen in den Dichtigkeitsverhältnissen des Kerns und der Nebelhülle, in Ausdehnung und Richtung des Schweifes bedingt werden, überschauen zu lassen, wie der Halley'sche, schon um seiner meist sehr lange andauernden Sichtbarkeit willen. In dem langgeschweiften Kometen, als welchen er sich am 28. Oktober 1835 dem bloßen Auge zeigte, und dem kugelförmigen Nebelfleck, als der er am 3. Mai 1836 verschwand, werden Sie schwerlich ohne Weiteres Formen eines und desselben Weltkörpers erkennen.

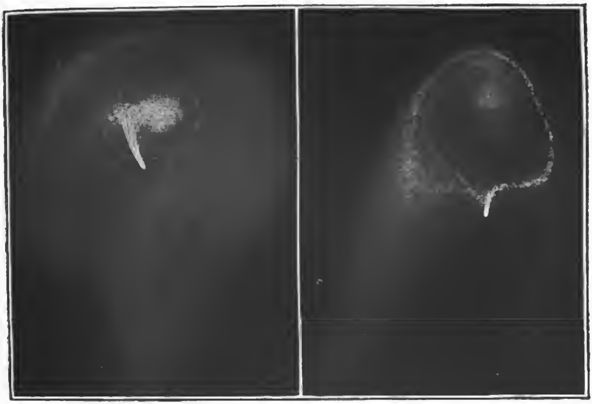
Sie wissen, daß die Kometenschweife stets von der Sonne abgewandt sind. Die Chinesen wußten das bereits vor tausend Jahren; bei uns wurde diese Bemerkung zuerst im Jahre 1531 von Peter Apianus gemacht. Ganz buchstäblich dürfen Sie das indeß nicht nehmen. Fast niemals fällt die Linie, welche Komet und Sonne verbindet, genau mit der Richtung des Schweifes zusammen. Die Abweichung ist sogar bisweilen so bedeutend, daß der Schweif fast einen rechten

Winkel mit der Richtung zur Sonne bildet. Im Allgemeinen weicht der Schweif nach der Richtung hin ab, aus welcher der Komet herkommt, und er zeigt sich meist nach dieser Seite schärfer begrenzt und heller als nach der entgegengesetzten.



Lichtbüschel des Kometen II von 1862 am 23. August
1 Uhr Morgens. 9 Uhr Abends.

Ferner wird die Zurückbeugung allemal um so größer, je weiter vom Kopfe entfernte Punkte des Schweifes man betrachtet, so daß dadurch eine Krümmung des Schweifes entsteht, die bei dem Kometen von 1744 einen solchen Grad erreichte, daß sein Schweif die Form eines Viertelkreisbogens annahm.

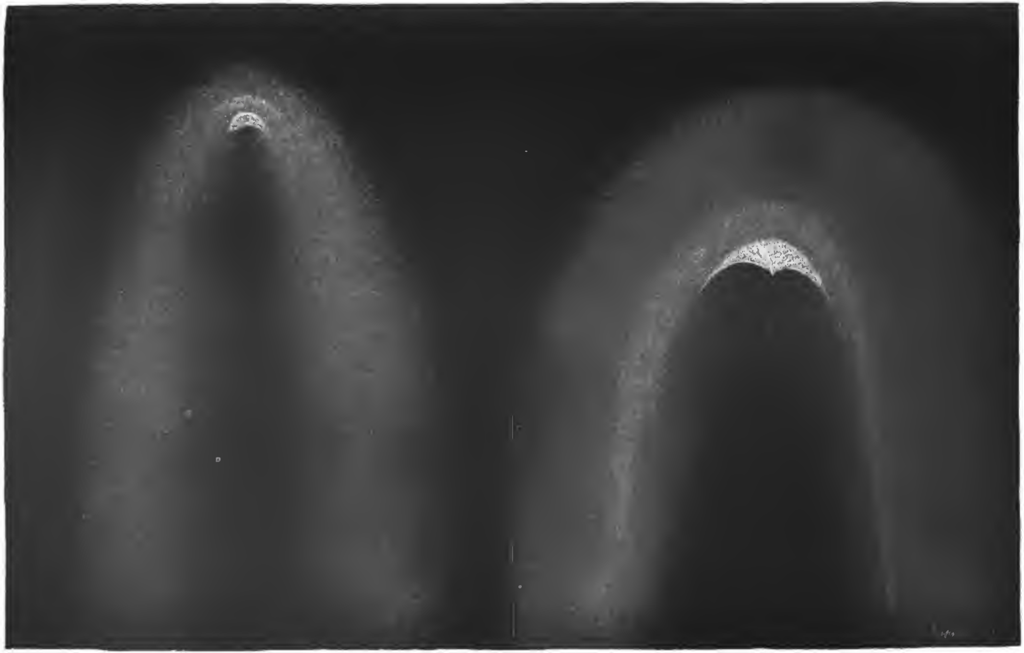


Lichtbüschel des Kometen von 1862.

Sie sehen, daß sich das Alles gerade so zeigt, als ob die Materie des Schweifes bei der Fortbewegung in einem gasförmigen Mittel mehr Widerstand erlitte als der Kern. Eine solche Erklärung ist in der That versucht worden. Man hat

sich dabei zugleich auf die merkwürdige Beobachtung gestützt, daß die Nebelhüllen der Kometen mit der Entfernung von der Sonne zu wachsen scheinen. So hat man beim Encke'schen Kometen im Jahre 1828 durch genaue Messungen ermittelt, daß vom 28. Oktober bis zum 24. Dezember, in welcher Zeit sich der Abstand des Kometen von der Sonne auf $^1/_3$ verringert hatte, der wirkliche Durchmesser seines Nebels 26mal kleiner geworden, sein körperlicher Inhalt also etwa auf den 16000sten Theil seiner ursprünglichen Größe zusammengeschrumpft war. In neuester Zeit hat Julius Schmidt die Volumverminderung des Encke'schen Kometen bei seiner Annäherung an die Sonne genauer studirt. Er untersuchte sämmtliche vorliegenden Messungen des Durchmessers von diesem Gestirne und theilte sie je nach der Entfernung des Kometen von der Sonne in fünf Gruppen. Auf diese Weise fand sich der mittlere Durchmesser des Kometenkopfes für den Sonnenabstand von 1,7 Erdbahnhalbmessern zu 25,000 Meilen; für die Entfernung von 1 Erdbahnhalbmesser zu 23,000 Meilen; für den Abstand von $^9/_{10}$ Erdbahnradien zu 16,000 Meilen, für jenen von $^7/_{10}$ Erdbahnradien zu 12,000 Meilen und endlich für die Entfernung von $^{13}/_{25}$ Erdbahnhalbmessern zu 9000 Meilen. Eine rasche Volumabnahme des Kometen mit der Annäherung an die Sonne ist hiernach nicht zu bezweifeln. Zur Erklärung dieser Thatsachen nimmt nun Valz an, daß der Aether um die Sonne herum eine Atmosphäre bilde, deren untere Schichten, ganz wie in unserer irdischen, um so dichter sind, je zahlreichere Schichten sich über ihnen befinden. Der Komet würde also, indem er diese Schichten durchläuft, einen ihrer Dichtigkeit entsprechenden Druck erleiden, und die Verminderung seines Umfanges in der Nähe der Sonne wie die Krümmung seines Schweifes wäre damit erklärt. So geistvoll diese Erklärung ist, so scheitert sie doch völlig an der Unmöglichkeit, sich eine Ursache zu denken, welche die Hülle des Kometennebels undurchdringlich macht und den Aether hindert, daß er nicht, statt die Nebelmasse wie eine luftgefüllte Blase zusammenzudrücken, vielmehr bis in die kleinsten Theilchen den ganzen Kometen erfüllt.

Mit den Aufklärungen der Wissenschaft über die Natur der Kometenschweife ist es aber überhaupt noch traurig bestellt. Der Astronom befindet sich noch immer in dem Falle, in welchem sich einst der Sekretär der Pariser Akademie, Mairan, zur Zeit der Regentschaft des Herzogs von Orleans einer neugierigen Hofdame gegenüber befand. Sie hatte ihn nach allen möglichen astronomischen Dingen gefragt, und Mairan hatte immer die gewissenhafte Antwort gegeben: „Das weiß ich nicht." Als sie endlich ungeduldig und mit einiger Bitterkeit fragte, wozu er denn eigentlich Akademiker sei, da erwiederte Mairan stolz: „Dazu, Madame, um die Antwort geben zu können: Das weiß ich nicht." Das wissen wir nicht, ist nach Arago noch heute die Antwort auf die meisten Fragen in Betreff der Kometenschweife. Selbst die Spektralanalyse hat hier noch zu keinem sicheren Ergebnisse geführt. Wir wissen nur etwa, daß die meisten die Gestalt hohler Kegel oder Cylinder haben müssen. Anders wenigstens läßt es sich nicht erklären, daß die meisten Kometenschweife namentlich in der Nähe des Kopfes sich an den Seiten heller leuchtend zeigen als in der Mitte, so daß sie im Fernrohre geradezu oft den Anschein einer völligen Theilung erwecken.



Kometenköpfe und Kometenkerne. 1. Des Donati'schen Kometen vom Jahre 1858. 2. Des Kometen von 1861.

Wir können annehmen, daß sie aus sehr kleinen, das Licht reflektirenden Nebeltheilchen bestehen, die nur dem Auge als eine zusammenhängende Lichtmasse erscheinen. Es bliebe sonst unerklärlich, daß sie das durchscheinende Licht der Sterne weder schwächen noch ablenken. Sie werden sich damit auch eine Erfahrung erklären können, die jeder Laie macht, daß der Anblick des Kometen im Fernrohre einen so überaus ungünstigen Eindruck macht. Der glänzende Schweif verschwindet fast mit der Vergrößerung, weil das Auge offenbar um so weniger Lichttheilchen empfängt.

Eine höchst auffallende Erscheinung, welche das bewaffnete Auge schon an dem Kometen von 1744, dann an dem Halley'schen und auch an dem Donati'schen beobachtete, ist die eigenthümliche Ausstrahlung, welche oft von der Nebelhülle des Kopfes an der dem Schweife entgegengesetzten Seite nach der Richtung zur Sonne ausgeht. Der Komet von 1862 zeigte solche leuchtenden und hin- und her schwingenden Büschel ebenfalls. Wie rasch die Veränderungen derselben vor sich gingen, zeigen die beiden Figuren auf S. 337. Daß in der Nähe der Sonne auch Ausscheidungen aus gewissen Kometen stattfinden, beweisen u. a. die Beobachtungen von Bond am Donati'schen Kometen. Man erkennt in den Zeichnungen dieses Astronomen die Schichten des abgelagerten Stoffes noch jedesmal in den Stellungen und Lagen, welche das im Raum fortschreitende Gestirn einige Tage früher eingenommen hatte. Ob man hier an abstoßende Polarkräfte denken soll, welche etwa, durch die Anziehung der Sonne hervorgerufen, dem Schweife das Gleichgewicht zu halten streben, und ob man damit die andere, nicht minder auffallende Erscheinung in Verbindung setzen soll, daß Kometenschweife oft in der Zeit von wenigen Stunden ihre Dimensionen in so bedeutender Weise verändern, daß die räumlichen Größen dieser Aenderungen in Wirklichkeit Millionen von Meilen entsprechen, darüber läßt sich für jetzt noch nichts definitiv entscheiden.

Ueberhaupt weiß der Astronom über die Natur der Kometen noch äußerst wenig. Daß ihre Masse eine außerordentlich geringe ist, hat der Lexell'sche Komet bewiesen, der, trotzdem er unserer Erde auf 300,000 Meilen nahe kam, doch keine Spur einer Störung zurückgelassen hat. Eine Masse aber, deren Wirkungen wir nicht mehr wahrnehmen können, muß kleiner sein als die kleinste bestimmbare Masse. Mit der Schärfe unserer Beobachtungen wächst natürlich auch die Sicherheit unserer Wägungen der Himmelskörper, und so ist man im Stande gewesen zu entscheiden, daß die Masse des Lexell'schen Kometen nicht den 5000sten Theil unserer Erdmasse betragen konnte. Erwägen Sie nun den gewaltigen Raumumfang der Kometen, der meist den sämmtlicher Planeten, selbst wol den der Sonne übertrifft, so bleibt für sie eine so außerordentliche Dünnheit übrig, daß sich auf Erden kein Vergleich mehr dafür findet. Daß die Kometen überdies durchsichtig sind, daß man durch ihre Schweife Fixsterne hindurchglänzen sieht, ohne daß ihr Licht geschwächt, viel weniger gebrochen wird, beweist, daß sie nicht feste, ja nicht einmal luftförmige Körper, ähnlich unserer Atmosphäre, sind. Nur Nebel- oder Staubmassen können sie sein, die in dem Aether des Weltraumes schwimmen und ihre Gestaltung allein der noch außerordentlich viel dünneren Beschaffenheit dieses Aethers verdanken.

Es ist schwer, sich eine Vorstellung von der Natur dieser seltsamen Nebelwesen zu machen, deren Inneres zugleich der Schauplatz der stürmischsten Vorgänge sein muß, die wir im Weltall kennen. Aber seit vollends der Biela'sche Komet am 29. Dezember 1845 vor den Augen der Astronomen eine Theilung vollzog, schien die Seltsamkeit dieser Himmelskörper den höchsten Grad erreicht zu haben. Schon alte griechische Schriftsteller hatten von solchen Spaltungen und Verdoppelungen von Kometen berichtet, aber die ungläubige Wissenschaft spottete über dergleichen Berichte. Der Biela'sche Komet erhob das Unmöglichscheinende zur Thatsache. Schon Hind hatte am 19. Dezember 1845 an dem bis dahin nur ungetheilt gesehenen Kometen gegen Norden eine kleine Hervorragung bemerkt. Seit dem 29. Dezember waren zwei selbständige Kometen, jeder mit Kopf und Schweif versehen, an der Stelle des einen zu erblicken. Der neue Nebenkomet, der dem älteren nördlich voranging, wuchs allmählich, so daß er an Lichtstärke eine Zeit lang den Hauptkometen übertraf. Auch der Abstand der beiden Kerne von einander wuchs und betrug am 13. Februar nach genauen Messungen bereits 41,822 geographische Meilen. Bei der Wiedererscheinung des Kometen im Sommer des Jahres 1852 gelang es zuerst Secchi zu Rom am 26. September, die beiden getrennten Köpfe wieder zu erkennen. Sie hatten bereits einen gegenseitigen Abstand von 352,342 geogr. Meilen erreicht. Es gelang auch, wenigstens annähernd, für beide Kometenkerne getrennte Bahnberechnungen anzustellen, und merkwürdiger Weise schienen sich beide Bahnen völlig unabhängig von einander zu zeigen. Sie sehen S. 344 eine Zeichnung des Biela'schen Kometen nach Struve. Der bloße Anblick ergiebt schon einen bedeutenden Unterschied in der Helligkeit beider Komponenten, doch ist es merkwürdig, daß diese Helligkeit, besonders Anfangs, wechselte.


Alessandro Donati (geb. 1811.)

Die nächste Rückkehr des Biela'schen Kometen fand statt im Jahre 1859, aber das Gestirn konnte wegen der Lage seiner Bahn, wie die Rechnung zeigte, damals nicht beobachtet werden. Man mußte bis zum Winter 1865 bis 1866 warten, und die Zwischenzeit ward zu einer genauen Berechnung des Ortes am Himmelsgewölbe, wo der Komet erscheinen mußte, benutzt. Die Zeit der Wiederkehr kam, aber — der Komet blieb aus. Trotz aller Nachforschungen war das Gestirn nicht wiederzufinden. Sie können sich denken, daß zahlreiche

Vermuthungen über die Ursache dieses Ausbleibens aufgestellt wurden, die wahrscheinlichste Annahme blieb aber immer die, daß sich der Komet bis zur Unsichtbarkeit aufgelöst oder zertheilt habe. Im Jahre 1872 mußte der Komet abermals zurückkehren, aber man fand ihn nicht. Da kam der 27. November und mit ihm ein großartiger Sternschnuppenschwarm. Tausende von Meteoren wurden zwischen 8 und 9 Uhr Abends sichtbar. Durch frühere Untersuchungen von Schiaparelli, welche wir später kennen lernen werden, aufmerksam gemacht, kam Professor Klinkerfues in Göttingen auf die Idee, daß zur Zeit des Sternschnuppenfalles der Biela'sche Doppelkomet sich in unmittelbarer Nähe der Erde befunden haben müsse. Eine kurze Ueberlegung zeigte ihm, daß nach dem Sternschnuppenfalle das Gestirn sich am südlichen Himmel in der Nähe des Sternes ϑ Centauri zeigen müsse. Ohne Zögern telegraphirte er nun nach Madras an den dortigen Astronomen Pogson: „Suchen Sie Biela's Komet bei ϑ Centauri!" Pogson fand in der That dort einen Kometen, und die Rechnungen von Th. v. Oppolzer zeigten hinterher, daß dieser Komet wahrscheinlich in der Bahn des Biela'schen einhergeht. Uebrigens war es Pogson nicht gelungen, drei vollständige Beobachtungen des Kometen zu erhalten, da die Witterung sich ungünstig gestaltete. Oppolzer konnte daher nur unter gewissen Voraussetzungen die Bahnberechnung ausführen. Bruhns hat nun darauf hingewiesen, daß die Möglichkeit nicht ausgeschlossen sei, der Pogson'sche Komet sei ein neuer und stehe nicht mit einem der beiden Biela's in Beziehung. Vielleicht ist die Bahn des Biela'schen Doppelgestirns von mehreren sehr kleinen und lichtschwachen Kometen besetzt.

Zu den vielen Sonderbarkeiten, welche die Kometen darbieten, hat die neuere Zeit weitere hinzugefügt, darunter vor allen ihren geheimnißvollen Zusammenhang mit den Sternschnuppen. Ich kann jedoch hierauf erst eingehen, wenn ich Sie vorher mit den Eigenthümlichkeiten der letzteren bekannt gemacht habe. Für jetzt will ich blos hervorheben, daß die vervollkommnete Photometrie sowol, als die Spektralanalyse mit Evidenz nachgewiesen haben, daß viele, vielleicht sogar alle Kometen eigenes Licht ausstrahlen, daß sie demnach im Zustande des Glühens oder der elektrischen Erregung sich befinden. Der erste Komet, welcher spektroskopisch mit Genauigkeit untersucht wurde, war der Komet I von 1866. Die Beobachter Huggins und Secchi fanden, daß sein Spektrum u. a. eine helle Linie zeigte, welche zwischen den dunklen Linien b und F des Sonnenspektrums liegt. In dem Spektrum des Brorsen'schen Kometen I 1868 sahen dieselben Beobachter drei Lichtzonen, von denen die hellste im Grün lag. Ein analoges Spektrum zeigten Komet I, Komet III und Komet IV 1871. Das Zusammenfallen aller hellen Kometenlinien mit den Spektrallinien bekannter irdischer Substanzen wurde bis jetzt nicht beobachtet, nur beim Kometen II 1868 fanden Huggins und Secchi eine große Wahrscheinlichkeit für das Zusammenfallen der Streifen im Kometenspektrum mit denjenigen in den Spektren flüchtiger Kohlenwasserstoffe. Man hat Anfangs hieraus einen Rückschluß auf die chemische Zusammensetzung des Kometen gemacht, ja alle Kometen aus Kohlenwasserstoffen bestehen lassen wollen. Eine genauere Prüfung ergiebt jedoch, daß es gegenwärtig noch zu früh ist, um aus den wenigen

und nicht sonderlich übereinstimmenden spektroskopischen Wahrnehmungen an einzelnen Kometen allgemeine Schlüsse zu ziehen.

So sind also die Wunder der Kometenwelt durch die wissenschaftliche Forschung allerdings nicht geschwunden; aber ihre Bedeutung haben sie gewechselt. So lange die Kometen noch als Lufterscheinungen galten, war ihre Bedeutung Unheil und Schrecken. Sie waren göttliche Vorboten irdischer Landplagen, Strafruthen des erzürnten Gottes. Pest und Krieg, Mißwachs und Hungersnoth kündigten sie an. Alte Schriftsteller wissen, wenn sie von der Erscheinung eines Kometen berichten, immer auch von traurigen Begebenheiten zu erzählen, die sie mit sich führten. Nun, es giebt ja der Leiden genug unter der Sonne, als daß ein Komet nicht seufzende Menschen antreffen sollte. Man sollte also denken, es könne gar nicht schwer fallen, für jeden am Himmel erscheinenden Kometen auch eine auf Erden erscheinende Plage ausfindig zu machen, zumal wenn man sich nicht streng an ein bestimmtes Land hält und den Begriff einer Plage nicht blos auf Krankheiten und Kriege beschränkt, sondern auch auf Hitze und Kälte, Stürme und Hagelschlag, Erdbeben und vulkanische Ausbrüche, Ueberschwemmungen und Heuschreckenschwärme ausdehnt. Gleichwol hat der englische Arzt Forster, der noch im Jahre 1829 eine solche Zusammenstellung von 500 Kometenerscheinungen und ihren Unheilswirkungen unternahm, für den großen Kometen von 1680, der doch so nahe bei der Erde vorüberging, kein anderes Unheil aufzufinden vermocht, als — einen heißen Sommer und einen kalten Winter! Ja an den Kometen von 1668 wußte er vollends nur — ein Sterben der Katzen in Westfalen, an einen anderen den Fall eines Meteorsteines und die Zertrümmerung eines Uhrwerkes in Schottland, an einen dritten das Erscheinen großer Züge wilder Tauben zu knüpfen. Sie lachen jetzt über den Aberglauben der alten Zeit, über die öffentlichen Gebete, mit welchen die mittelalterlichen Päpste die Kometen zu vertreiben hofften, über die Erbauung von Kirchen und Klöstern, durch welche Ludwig der Fromme den Kometen von 837 zu beschwichtigen glaubte. Noch soll das Läuten der Glocken zur Mittagszeit in katholischen Ländern seinen Ursprung aus einer päpstlichen Verordnung herleiten, welche der Komet von 1456 veranlaßte, und sogar der Gebrauch, einem Niesenden „Zur Genesung!" zuzurufen, soll nach den Chronisten von einer durch den Kometen von 590 verursachten Pest herrühren, in welcher ein heftiges Niesen als Anzeichen des nahen Todes galt.

Die Wissenschaft hat die Kometen zu dem Range von Weltkörpern erhoben. Aber neben der wissenschaftlichen Aufklärung, die in größeren Kreisen des geselligen Lebens unzweifelhaft Platz genommen hat, macht sich ebenso unzweifelhaft noch immer eine ungründliche Halbheit breit. Wenigstens seinen Schatten wirft der mittelalterliche Aberglaube noch über die vom Morgenlicht der Wissenschaft erhellte Neuzeit. Die Bedeutung der Kometen hat allerdings ihre Gestalt gewechselt; man sieht nicht mehr in ihnen Zuchtruthen eines zornigen Gottes, wol aber Vorboten eines Weltunterganges. Was aber das Schlimmste ist, man glaubt seine Besorgnisse aus der Wissenschaft selbst zu schöpfen. Die Gewißheit, daß uns innerhalb unserer Planetenbahnen regelmäßig wiederkehrende Kometen heimsuchen, die beträchtlichen Störungen, welche besonders Jupiter

und Saturn in ihren Bahnen hervorbringen, und welche unschädlich scheinende Weltkörper in gefahrbringende umwandeln können, die Verschiedenheit der einzelnen Kometenkörper, welche beträchtliche Abstufungen in der Dichtigkeit des Kernes vermuthen läßt: das Alles überbietet noch die Befürchtungen, welche frühere Jahrhunderte vor brennenden Schwertern und vor einem durch Haarsterne angedrohten Waldbrande hegten. Der Zusammenstoß der Erde mit einem Kometen — und die Möglichkeit eines solchen kann ja die Wissenschaft nicht leugnen — das gilt als gleichbedeutend mit dem Untergange der Welt. Die allgemeine Kometenfurcht, die vor Jahren wie eine ansteckende Krankheit über Europa hinzog, ist nur eine Wiederholung desselben Schreckens, welchen zu Ende des vorigen Jahrhunderts die Anzeige einer Schrift des französischen Astronomen Lalande die der Erde nahe kommenden Planeten veranlaßte.

Es ist wahr, die Wissenschaft kann nicht leugnen, daß möglicher Weise ein Komet einmal mit unserer Erde zusammenstoße. Aber die Wahrscheinlichkeit eines solchen Ereignisses steht zu seiner Unwahrscheinlichkeit nach sehr berechtigten Rechnungen im Verhältniß von 1 zu 281,000,000. Keine der bekannten Kometenbahnen hat eine solche Lage, daß ein Zusammentreffen mit dem Kopfe des Kometen zu erwarten wäre. Mit den Schweifen gewisser Kometen ist die Erde aller Wahrscheinlichkeit nach bereits in den Jahren 1819 und 1823 zusammengetroffen und selbst das nahe Zusammenkommen unseres Planeten mit dem berüchtigten Biela'schen Kometen am 27. November 1872 hat sich nur als ein harmloser Sternschnuppenregen dargestellt.



Der Biela'sche Doppelkomet nach Strube.



Sternschnuppenfall am Niagara in der Nacht vom 12. zum 13. November 1833.

Achtes Kapitel.

Die Meteor-Asteroiden.

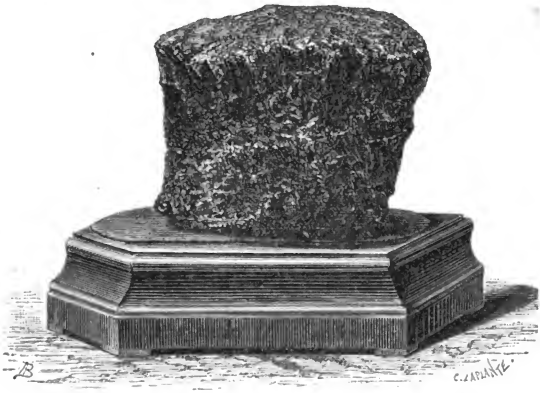
Aus der Höhe schoß ich her
Im Stern- und Feuerscheine,
Liege nun im Grase quer;
Wer hilft mir auf die Beine?

Ist es denn überhaupt möglich, werden Sie denken, daß in einem so wohlgeordneten Systeme, wofür wir doch unser Planetensystem nach Allem, was darüber erforscht ist, zu halten berechtigt sind, Weltkörper aufeinander stoßen und einander mit ihren Bruchstücken überschütten können? Ich befinde mich in einiger Verlegenheit, wie ich, nachdem ich mir die ernstlichste Mühe gegeben habe, Ihnen das Zusammentreffen der Kometen mit der Erde oder mit irgend einem Planeten überhaupt als unwahrscheinlich darzustellen, jetzt Ihren Glauben für eine ganz ähnliche Thatsache in Anspruch nehmen soll. Wenn Sie mir aber für einige Minuten in ein mineralogisches Kabinet folgen wollen, so will ich Ihnen dort die Beweise dafür vorlegen. Ich würde Ihnen eine Sammlung von hundert und etlichen Steinen zeigen, grauen oder schwarzen, ganz unscheinbaren Steinen, die Sie mit Ihren Händen betasten, wägen, mit Hammer und Schlägel bearbeiten könnten. Letzteres würde Ihnen freilich nicht gestattet werden; denn es sind kostbare Steine, seltenere Schätze als die Juwelen der reichsten Fürsten. Es sind vom Himmel herabgefallene Steine. So wunderbar das klingt, es liegen unzweifelhafte Beweise dafür vor, chemische, mineralogische, und das Augenzeugniß Derer, vor denen sie niederstürzten. Diese schwarzen Meteorsteine sind fremde Weltkörper oder doch Bruchstücke von solchen, jetzt gefangen und in

Kästen verschlossen, einst in schrankenloser Freiheit durch die öden Welträume ziehend. Es sind Sterne, die der Astronom nicht nöthig hat, wie andere mit Fernröhren aufzusuchen, um sie doch nur dürftig zu erkennen, die vielmehr freiwillig zur Erde einkehren, die der Wissenschaft gleichsam in den Schoß geflogen kommen, um unter Hammer und Löthrohr und Mikroskop Rechenschaft zu geben von Zuständen jenseits unserer Atmosphäre, Kunde zu bringen von der Physik des Himmels.

Daß Sterne vom Himmel fallen könnten, wurde noch vor 80 Jahren zu den Mythen und Fabeln des Volksglaubens und der Vorzeit gezählt. Allerdings berichtete die Geschichte seit Jahrtausenden von gefallenen Sternen, ja von ganzen Felsmassen, die sich vom Himmel zur Erde gesenkt hätten. Mongolische Sagen erzählen von einer 13 m. hohen schwarzen Eisenmasse, die unter Feuererscheinungen an den Quellen des gelben Flusses im westlichen China vom Himmel gefallen sei. Die Araber bewahren zwei schwarze vom Himmel gefallene Steine in der Kaaba zu Mekka, die nach Burton, der sie genau besehen hat, wahre Meteorsteine sind. Plutarch berichtet von einem ungeheuren Steine, der im Geburtsjahre des Sokrates in den Aegospotamos gefallen sei und das Gewicht einer vollen Wagenlast gehabt habe. Die Chroniken des Mittelalters wissen von zahlreichen ähnlichen Steinfällen. So fiel im 10. Jahrhundert ein Stein in den Fluß Narni in Italien, der noch eine Elle hoch über das Wasser hervorragte. Im September 1511 wurde bei Crema unweit der Adda in Oberitalien sogar ein Mönch von einem Meteorsteine erschlagen. Hunderte solcher Steine waren bereits gefallen; fast alljährlich war in der letzten Hälfte des vorigen Jahrhunderts ein solches Ereigniß berichtet worden, Menschen waren erschlagen, Häuser dadurch in Brand gesteckt worden, und noch immer beharrte die Wissenschaft in vornehmer Zweifelsucht, behauptete im Widerspruch mit den klarsten Thatsachen, daß es unmöglich aus der Atmosphäre herabfallende Steine geben könne. Noch im Jahre 1769 hatte die Pariser Akademie der Wissenschaften amtlich erklärt, daß der im Augenblicke seines Herabfallens am 13. September 1768 in der Nähe von Lucé aufgehobene Stein, den mehrere Personen mit den Augen bis zu dem Punkte, wo er den Boden erreichte, verfolgt hatten, nicht vom Himmel gefallen sei. Noch im Jahre 1790 war von der Municipalität zu Juillac im Departement des Landes ein Protokoll aufgenommen worden, welches aussagte, daß am 24. Juli jenes Jahres eine Menge von Steinen auf die Felder, Dächer und Straßen des Dorfes herabgefallen seien, und gleichwol behandelten die gesammten damaligen Zeitungen diese Erzählung als lächerlich und des Mitleids nicht blos der Gelehrten, sondern aller Vernünftigen werth. Da erfolgte am 26. April 1803 der berühmte Steinfall bei l'Aigle im Departement de l'Orne. Um 1 Uhr Nachmittags erblickte man in der Umgegend von Caen, Alençon, Falaise und Verneuil bei ganz reinem Himmel eine große Feuerkugel. Wenige Augenblicke darauf vernahm man bei l'Aigle in weitem Umkreise aus einem kleinen, dunklen, fast unbeweglichen Wölkchen eine heftige, 5—6 Minuten andauernde Explosion, welcher einige Kanonenschüsse und ein Getöse wie von Kleingewehrfeuer folgten. Bei jeder Explosion schienen sich Dämpfe von dem Wölkchen abzulösen, und es fielen nun zugleich über eine Fläche von 1¼ Meile

Länge und $^1/_4$ Meile Breite zahlreiche heiße, aber nicht mehr glühende Steine, deren größter $8^3/_4$ Kilogramm wog. Ein Akademiker selbst, Biot, hatte die Erscheinung untersucht und Bericht davon erstattet. Jetzt endlich war der akademischen Zweifelsucht ein Ende gemacht.



Meteorstein, gefallen zu Juvenas in Südfrankreich am 15. Juni 1821.

Seit jener Zeit sind fast alljährlich Meteorsteine, zum Theil vor den Augen der Gelehrten gefallen, und die Wissenschaft hat sich nun auch der einzelnen Umstände, unter denen diese Ereignisse stattfinden, bemächtigt. Nur in seltenen Fällen stürzen die Steine aus heiterem Himmel ohne vorangegangene Bildung einer dunkeln Meteorwolke, ohne begleitende Lichterscheinung, aber unter furchtbarem Krachen nieder, wie bei dem großen Steinfall von Klein-Wenden, unweit Mühlhausen am 16. September 1843. Häufiger ist es ein plötzlich sich bildendes dunkles Gewölk, welches die Steine schleudert, wie bei den erwähnten Ereignissen von Barbotan und Juillac und dem von l'Aigle. Am häufigsten zeigt sich die Erscheinung im Zusammenhang mit glänzenden Feuerkugeln. So war es bei Braunau in Böhmen am 14. Juli 1847 eine weithin sichtbare Feuerkugel, welche Bruchstücke von einem Gesammtgewichte von fast 4 Zentnern zur Erde schleuderte, die 1 m. tief in den Boden eindrangen und nach sechs Stunden noch so heiß waren, daß man sie nicht anrühren konnte.

Die Zahl der mit dem genauen Datum des Herabsturzes festgestellten Meteorsteinfälle beläuft sich gegenwärtig nach dem im ersten Bande meines Handbuches der allgemeinen Himmelsbeschreibung gegebenem Kataloge, der bis zum Ende des Jahres 1869 reicht, auf 307 *). Sie müssen aber bedenken, daß dies immer nur ein kleiner Bruchtheil der wirklich stattgefundenen ist. Die Beobachtung und Aufzeichnung dieser Ereignisse reicht ja nur in wenige

*) Siehe Klein, Handbuch der Himmelsbeschreibung, Bd. I, S. 290—294.

Jahrhunderte hinauf, und heute sind es nur die civilisirten Länder, also der kleinste Theil des Erdbodens, auf welchem sie sich thatsächlich feststellen lassen. Zwei Drittheile aller gefallenen Steine verbirgt überdies das Meer, und noch mehr mögen von den oberen Schichten unserer Erdrinde bedeckt sein. Unter den aufgefundenen Meteorsteinen oder Aërolithen sind einige von außerordentlicher Größe.



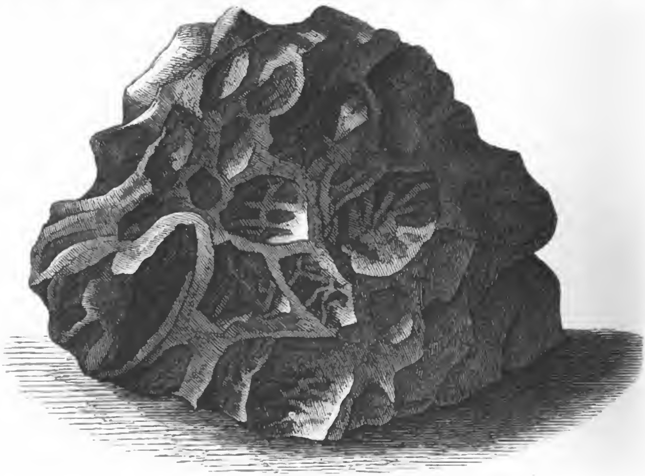
Sternschnuppenfall am Kap von Florida gesehen.

So hatte der bei Vouillé im Jahre 1831 niedergefallene Stein ein Gewicht von 20 Kilo, der bei Chantonnay im Jahre 1812 gefallene ein Gewicht von 34 Kilo. Der Meteorstein von Juvenas, der im Jahre 1821 fiel, wiegt 92 Kilo und der bei Ensisheim im Elsaß gefundene 138 Kilo. Zu Santa Rosa in Neu-Granada stürzte im Jahre 1810 ein Stein nieder, dessen Gewicht 750 Kilo und dessen Inhalt fast drei Kubikfuß beträgt. Durch die Kennzeichen, welche in neuerer Zeit eine genauere physikalische und chemische Unter-

suchung der Meteorsteine geliefert hat, ist man berechtigt, mit großer Wahrscheinlichkeit auch auf den meteorischen Ursprung einiger andern Massen zu schließen, die man in verschiedenen Theilen der Erde gefunden hat. So werden zwei große Steine für meteorischen Ursprunges gehalten, die im Bezirke von Santiago del Estera in den Laplata-Staaten liegen und die eine Länge von 2 bis $2^1/_2$ Meter haben. Andere meteorische Massen, zum Theil von bedeutender Größe, hat man am Red-River in Nordamerika gefunden. Auch die 1600 Kilo schwere nickelhaltige Masse, die man in der Gegend von Bitburg in der Eifel gefunden hat, ist ziemlich unzweifelhaft meteorisch. Kapitän Roß fand an der Nordküste der Baffinsbai zwei große Steinmassen, die mit Eisenstücken gemengt sind, aus denen die Eskimos ihre Waffen schmieden sollen. Man hat Messer und Harpunen jener Eskimos untersucht und in der That einen bedeutenden Nickelgehalt des Eisens nachgewiesen, — ein gewichtiges Zeugniß für den meteorischen Ursprung. Im Jahre 1808 entdeckte v. Widmannstätten, daß abgeschliffene Stellen von Meteoreisen, sobald sie mit Salpetersäure geätzt werden, eigenthümliche, unter verschiedenen Winkeln sich schneidende Linien zum Vorschein treten lassen. Man nennt diese Linien nach ihrem Entdecker die Widmannstätt'schen Figuren und sie bilden ein wichtiges Kriterium zur Entscheidung, ob eine im Boden gefundene Eisenmasse meteorischen Ursprunges ist oder nicht. Solcher Massen, die sich als Meteorite von unbekannter Fallzeit erwiesen haben, kennt man gegenwärtig eine große Menge. Zu den interessantesten derselben gehört das Eisen von Lenarto in Ungarn, das man im Jahre 1814 in einem Walde bei jenem Orte fand. Der englische Chemiker Graham hat in neuerer Zeit ein Stück dieser Eisenmasse genau untersucht und gefunden, daß es sein dreifaches Volumen eines Gases enthielt, welches aus 86 Proz. Wasserstoff und $4^1/_2$ Proz. Kohlenoxyd besteht. Diese Entdeckung ist um so merkwürdiger, als es auf künstlichem Wege durchaus nicht gelingt, einer Eisenmasse Wasserstoff in dem angegebenen prozentischen Verhältnisse beizubringen. Wir stehen hier also vor einem noch ungelösten Räthsel, dessen dereinstige Enthüllung wichtige Ergebnisse für die Zustände gewisser Theile des Weltraumes in größerer oder geringerer Entfernung von der Erdoberfläche verspricht. Vielleicht hat jener Meteorit seinen Wasserstoff in einem Theile des Weltraumes aufgenommen, der dieses Gas unter einem bedeutenderen Drucke, als derjenige unserer Atmosphäre ist, enthält.

Im Allgemeinen zeigen die Meteorsteine, in welcher Gegend der Erde sie auch niedergefallen sein mögen, in ihrem Aeußeren eine gewisse physiognomische Uebereinstimmung. Fast immer haben sie einen dünnen, schwarzen, glänzenden und dabei geäderten Ueberzug, fast immer zeigen sie in ihrem Bruche breite, gekrümmte Flächen und abgerundete Ecken. Gleichwol ist ihre Mannichfaltigkeit bei näherer Untersuchung noch auffallender. Es dürfte kaum möglich sein, zwischen dem Meteoreisen, aus dem man Waffen schmieden konnte, und jenen zusammengebackenen erdigen oder kohlenartigen Massen mit wenigen darin zerstreuten Metallbrocken eine Verwandtschaft zu entdecken. Es giebt Steine, die 96 Prozent, und andere, die nur 2 Prozent Eisen enthalten, und noch andere, die keine Spur von metallischer Beimengung zeigen, die nichts als ein krystallinisches Gemenge von Olivin, Augit und Anorthit oder gar von Hornblende und

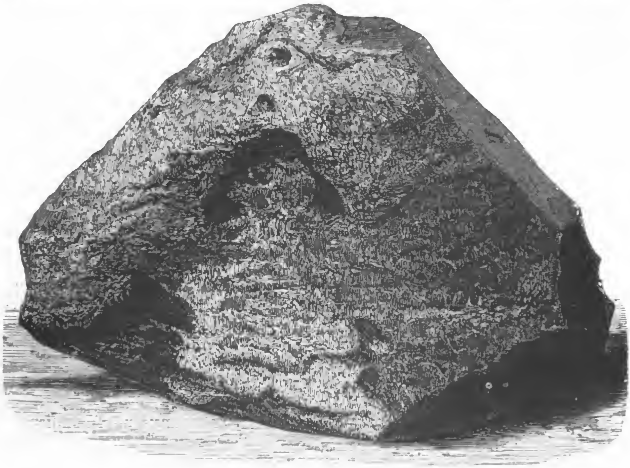
Albit oder Labrador sind. Das eigentliche Meteoreisen, dessen Fall zwar nur in seltenen Fällen, wie bei Braunau im Jahre 1847 und bei Agram am 26. Mai 1751, unmittelbar hat beobachtet werden können, ist kein reines metallisches Eisen, sondern eine Legirung von Eisen und Nickel, wie sie der Erdrinde durchaus fremd ist. Dieser Nickelgehalt gilt daher mit Recht als ziemlich sicheres Kennzeichen für die meteorische Beschaffenheit einer solchen Masse. Damit ist aber stets, wenn auch in geringer Menge, eine andere noch fremdartigere Verbindung des Eisens und Nickels mit Phosphor verknüpft. In den eigentlichen Meteorsteinen kommt dieses Meteoreisen meist nur in Körnern und Splittern, in einer scheinbar gleichmäßigen, aus Olivin, Augit und Feldspathsubstanz gebildeten Grundmasse eingesprengt vor, gestaltet sich aber doch bisweilen auch zu einem zusammenhangenden inneren Eisenskelet.



Ein Stück des Braunauer Meteorsteins.

Die eisenfreien Meteorsteine, die nicht einmal immer Olivin und Magneteisen enthalten, bieten eine merkwürdige Aehnlichkeit mit gewissen ältern Trappgesteinen der Erde, mit Doleriten und Dioriten, ja sogar mit jüngern vulkanischen Erzeugnissen, mit Basalten und neuen Laven dar. Bis jetzt hat man, nach Gustav Rose, der sich am eingehendsten mit der mineralogischen Zusammensetzung der Meteorite beschäftigt hat, folgende Mineralien in ihnen aufgefunden: gediegenes Eisen, etwas nickelhaltig; Tänit, ein noch nickelhaltigeres Eisen; Schreibersit, eine eigenthümliche Verbindung von Phosphor, Nickel und Eisen; Rhabdit, ein Nickeleisen, dem vorhergehenden ähnlich; Graphit; Trollit oder Einfachschwefeleisen; Magnetkies; Chromeisenerz; Quarz; Olivin, derb und krystallisirt; Shepartit; Augit; Anorthit.

Die unverkennbaren Spuren einer Wirkung des Feuers, die man an diesen Steinen entdeckte, die Feuererscheinungen, welche so häufig ihr Auftreten auf der Erde begleiteten, führten schon im 17. Jahrhundert auf den Gedanken, diese Steine als vulkanische Auswürflinge eines fernen Himmelskörpers, namentlich des Mondes, zu betrachten. Sie haben in die gewaltigen Kratertiefen des Mondes hinabgeblickt und sich von der vulkanischen Thätigkeit des Mondes wenigstens in der Vorzeit überzeugt. Es fragt sich also nur, ob ein so seltsamer Verkehr zwischen zwei Weltkörpern überhaupt möglich ist. Sie begreifen, daß es im Bereiche der Rechnung liegt, nachzuweisen, in welchem Abstande von der Mondoberfläche eine Ausgleichung zwischen der Schwerkraft des Mondes und der Anziehungskraft der Erde eintritt, mit welcher Geschwindigkeit ein Körper von der Mondfläche fortgeschleudert werden muß, um in eine Region zu kommen, in der nur die Erde ihn anzieht.



Stück eines Meteorsteins.

Diese Rechnung ist ausgeführt worden. Bei der geringen Größe und Masse des Mondes und seinem bekannten Mangel an Atmosphäre ist diese Geschwindigkeit in der That nicht so groß, als man früher geglaubt hatte. Die Anfangsgeschwindigkeit, mit welcher ein Körper vom Monde fortgeschleudert werden muß, um auf die Erde zu gelangen, beträgt nicht mehr als 2600 Meter in der Sekunde, ist also mindestens nicht größer als die Wurfgeschwindigkeit, welche die Ausbrüche mancher unserer irdischen Vulkane darbieten. Mehrere Astronomen glaubten daher geraume Zeit hindurch, eine Abstammung der Meteorsteine von Mondvulkanen nicht ganz zurückweisen zu dürfen. Die neueren Astronomen neigen sich dagegen zu einer andern Ansicht hin, die zuerst von Chladni im Jahre 1794 aufgestellt wurde, bei Gelegenheit der großen, über 635 Kilo schweren

Meteoreisenmasse, die von Pallas in Sibirien aufgefunden wurde. Nach dieser großartigen Ansicht stammen die Meteorite aus den Tiefen des Weltraumes und stürzen auf die Erde nieder, sobald sie in den Bereich ihrer Anziehung gelangen. Diese Annahme ist heute keineswegs mehr eine Hypothese, sondern sie hat so viele Gründe für sich, daß an ihrer Richtigkeit nicht zu zweifeln ist. Auch die in neuerer Zeit mehrfach ausgeführte Berechnung der Bahnen einzelner Meteorite führt darauf, indem diese Bahnen einen ausgesprochen hyperbolischen Charakter besitzen, welcher sich nur zeigen kann, wenn der Meteorit aus den Tiefen des Sternraumes stammt.

Bei ihrem ersten Erscheinen am Himmelsgewölbe, also vor dem Herabsturze, zeigen die Meteorite eine große Uebereinstimmung mit den oft Tageshelle verbreitenden Feuerkugeln. Plötzlich erscheinend und ebenso plötzlich verschwindend, überraschen sie stets den Beobachter und erschweren dadurch ihre Beobachtung. Immer bieten sie die Gestalt einer runden Scheibe von einem merklichen scheinbaren Durchmesser dar, der oft von der Größe des Vollmondes ist, und ihr Licht, wenn es auch der Plötzlichkeit wegen meist überschätzt wird, kommt doch dem Vollmondlicht nahe. Bisweilen zeigen sie sich von einer weißlichen Dunsthülle umgeben, und häufig ziehen sie einen feurigen Schweif nach sich, der Minuten lang sichtbar bleibt. Manche zerspringen unter heftigen Explosionen in Stücke, die ihren Lauf fortsetzen, aber meist auch erlöschen, ehe sie die Erde erreichen.

In dem in meinem oben erwähnten Werke enthaltenen Kataloge führe ich 1274 Feuerkugeln auf, deren Beobachtungen in wissenschaftlichen Zeitschriften verzeichnet sind, und es giebt in den letzten Jahrzehnten Jahre, in denen 50 und mehr solcher Erscheinungen berichtet wurden. Sie sehen also, daß Sie es hier mit einer allgemeinen Erscheinung zu thun haben. Unter jenen Feuerkugeln haben nur die wenigsten Aërolithen erzeugt, und wenn auch unleugbar weit mehr ihre Bruchstücke zur Erde niedergesandt haben, deren Niederfallen nur nicht von Augenzeugen festgestellt werden konnte, so läßt sich doch auf keinen Fall behaupten, daß allen das gleiche Schicksal zu Theil geworden. Sie müssen also ihre eigenthümlichen Bahnen verfolgen, deren Nachweis vom höchsten Interesse für die Wissenschaft sein wird.

Eine wirkliche Bahnberechnung für diese Himmelskörper wird freilich durch das Ueberraschende ihrer Erscheinung wesentlich erschwert. Es gehörte dazu mindestens, daß die Erscheinung von zwei hinreichend von einander entfernten Stationen gleichzeitig beobachtet würde, um eine Parallaxe zu erhalten, die von allzugroßen Fehlern frei wäre. Versuche in dieser Weise sind bereits gemacht worden und geben schon einige Aufschlüsse. Für die Höhe, in der sie sich zeigen, für ihre wahre Größe, die Geschwindigkeit, mit der sie sich bewegen, hat man wenigstens annähernde Resultate gewonnen. Die Höhe, in welcher die meisten Feuerkugeln sichtbar werden, wird von $1\frac{1}{2}$ bis auf 64 Meilen geschätzt, reicht also in den meisten Fällen weit über die Grenzen hinaus, innerhalb welcher noch eine Einwirkung der Stoffe unserer Atmosphäre auf die Materie der Feuerkugeln möglich scheint. Der wahre Durchmesser der Feuerkugeln mißt zwischen 30 und 4000 Meter. Die Bruchstücke, welche als Meteorsteine zu uns kommen,

sind also nur als ein kleiner Theil der wirklichen Meteormassen zu betrachten. Klein bleiben sie immer noch, gegenüber selbst den kleinsten der Planetoiden, aber dies vermindert nicht ihr Recht, den planetarischen Welten zugezählt zu werden; denn wenn auch der kleinste der Planetoiden noch 4000mal die größte der Feuerkugeln an Inhalt übertrifft, so überwiegt gewiß 10,000mal der kleinste der Planeten den größten der Planetoiden.

So sehr Sie sich nun auch bereits versucht fühlen mögen, die Meteore in die Reihe der planetarischen Weltkörper aufzunehmen, so werden Sie doch erst den sichersten Halt für Ihr Unternehmen in der Betrachtung der Sternschnuppen finden. Wie! diese flüchtigsten aller Erscheinungen am Himmel, diese schimmernden Lichtpunkte und Lichtlinien, die Ihnen bisher höchstens geeignet erschienen, Ihre Phantasie zu beschäftigen, als Werk des Augenblicks dem Himmel einen flüchtigen Schmuck zu verleihen, — die sollen Sie jetzt unter das gleiche Gesetz stellen, das die Riesenplaneten um die Sonne leitet, denen sollen Sie eine ewige Dauer, ein selbständiges Bestehen, eine Körperlichkeit zugestehen? Und doch muthe ich Ihnen nicht zu viel zu. Sie wissen ja, daß die wissenschaftliche Beobachtung schon manchem scheinbaren Werke des Zufalls und des Augenblicks Festigkeit und Bestimmtheit verschafft hat. So werden auch die Sternschnuppen aufhören bloße Meteore zu sein, sobald die Beobachtung sie in Fernen entrückt, die über die Grenzen der Atmosphäre hinausgehen und für ihre Sichtbarkeit meßbare, wirkliche Größen in Anspruch nehmen. Man hat vielleicht in älterer Zeit übertrieben die Höhe einzelner Sternschnuppen auf 100 Meilen geschätzt. Aber die sorgfältigsten Beobachtungen und Berechnungen der neuesten Zeit lehren, daß nur in seltenen Fällen Sternschnuppen bis zu den Gipfeln der Anden, bis zu einer Höhe von einer geographischen Meile über der Meeresfläche hinabgehen, daß bei weitem die meisten sich in Höhen von über 4 Meilen über der Erde zeigen, einzelne sogar in Höhen von 40—60 Meilen. Heis in Münster berechnete, daß eine am 10. Juli 1837 gleichzeitig in Berlin und Breslau gesehene Sternschnuppe beim Aufleuchten 62 Meilen und beim Verschwinden 42 Meilen Höhe hatte. Nach den genauen Untersuchungen von Professor Weiß in Wien beträgt die Höhe der im August vielfach aufleuchtenden Meteore im Durchschnitt $15\frac{1}{2}$ Meilen über der Erdoberfläche und diese Sternschnuppen erlöschen bereits, sobald sie sich etwa bis zu 9 Meilen herabgesenkt haben.

Mit dieser Höhe ihres Erscheinens stimmt auch die Geschwindigkeit zusammen, mit welcher die Sternschnuppen sich durch den Raum bewegen. So flüchtig auch der Moment ihres Erscheinens ist, so mißt doch die Strecke, welche die Sternschnuppen von ihrem Aufleuchten bis zu ihrem Erlöschen durchlaufen, oft mehr als 40 Meilen. Ihre Geschwindigkeit wurde früher schon zu $4\frac{1}{2}$ bis 9 Meilen in der Sekunde geschätzt. Das spricht wol hinlänglich deutlich für den kosmischen Ursprung dieser Meteore.

Endlich aber tritt der Beobachtung auch in der äußeren Erscheinung dieser Meteore ein Umstand entgegen, der sogar einen Schluß auf eine eigenthümliche Form dieser kleinen Weltkörper gestattet. Viele Sternschnuppen ziehen nämlich glänzende Lichtstreifen hinter sich her, die keineswegs einer bloßen Fortdauer des Lichtreizes auf unsere Netzhaut zugeschrieben werden können, wie etwa bei einer

im Kreise geschwungenen glühenden Kohle. Dazu dauert die Sichtbarkeit dieser Lichtstreifen viel zu lange, bisweilen über eine Minute, doch niemals über das Erlöschen des Kernes der Sternschnuppe hinaus. Noch merkwürdiger erscheinen diese sogenannten Sternschnuppenschweife bei aufmerksamer Beobachtung. Bald zeigen sie sich vollkommen gerade mit parallelen Rändern, bald etwas breiter und glänzender in der Mitte, bald am breitesten und glänzendsten an dem Orte, wo das Meteor erlischt. Nicht selten hat man eine auffallende Abnahme des Lichts gegen die Mitte der Schweife beobachtet, und Sie wissen bereits von den Kometenschweifen her, worauf dies hindeuten dürfte, auf die Gestalt eines hohlen Cylinders oder Kegels. In neuester Zeit hat man angefangen, die Schweife der Meteore im Fernrohre zu beobachten und dabei gefunden, daß sie seltsame Gestaltenveränderungen erleiden. Bei unseren Feuerkugeln bleiben die Schweife sehr lange sichtbar; so bei dem Meteor, das am 30. September 1850 Abends über einen großen Theil von Nordamerika dahinzog, fast eine Stunde. Ich habe Sie nicht umsonst aus der Region der Kometen zu diesen Meteoren geführt. Sie sehen schon eine gewisse Verwandtschaft zwischen beiden Gruppen von Weltkörpern auftauchen, und — wäre es auch jetzt nur in der Ahnung, es bestätigt doch abermals den Gedanken, daß bei aller Mannichfaltigkeit der Größen und Formen durch die Reihe der Welten unseres Systems sich ein gewisses Band der Verwandtschaft hindurchzieht. Gleiche stoffliche Natur verknüpft die ihre Bruchstücke zu uns niedersendenden Meteore mit unserer Erde, und gleiche Form verknüpft sie wieder mit den seltsamsten Wesen des Himmels, mit den Kometen!

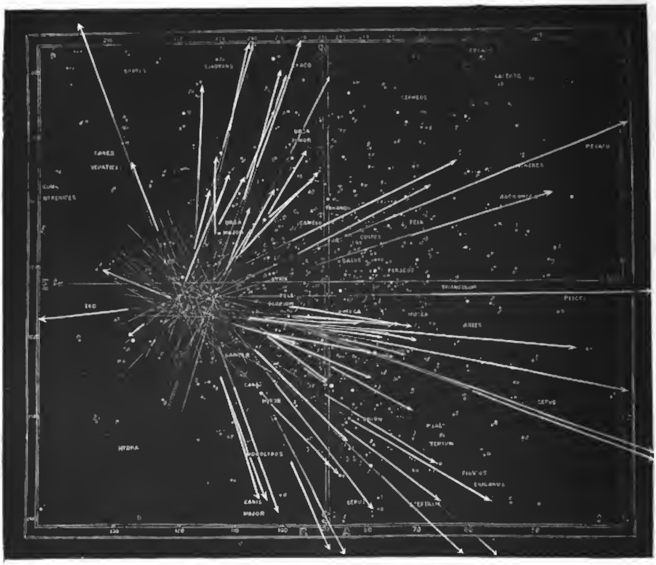
Den kräftigsten Beweis für die kosmische Natur der Sternschnuppen gewährt die periodische Regelmäßigkeit, die sie in ihrem Erscheinen zeigen, wie die Stetigkeit der Himmelsörter, von denen sie ausgehen. Die überaus große Häufigkeit dieser Meteore läßt mit weit größerer Zuverlässigkeit als bei den Meteorsteinen und Feuerkugeln Perioden erkennen. Es vergeht keine Nacht, in der sich nicht Sternschnuppen zeigen. Sie können mit großer Bestimmtheit erwarten, in jeder Stunde der Nacht 4—5 zu erblicken. Versuchen Sie es, sich daraus eine Vorstellung von der Gesammtzahl dieser Erscheinungen zu machen. Ein amerikanischer Astronom, Herrik in New-Haven, hat eine solche Berechnung gemacht, indem er von der Annahme ausging, daß für vier Beobachter, deren jeder seine Aufmerksamkeit auf ein Viertel des Himmels richtet, bei gewöhnlichem Zustande der Luft durchschnittlich 30 Sternschnuppen in der Stunde sichtbar werden. Für die gesammte Erdoberfläche erhielt er als Mittelzahl der täglich in die Erdatmosphäre eindringenden Meteore nicht weniger als 3 Millionen.

Alle diese Zahlen gelten aber nur für die gewöhnlichen Fälle. Es giebt jedoch Nächte, in denen Sie nicht 4—5, sondern mindestens 13—15 Sternschnuppen in jeder Stunde, ja Schwärme von Tausenden dieser Meteore niederfallen sehen können. Schon alte Chroniken erzählen von feurigen Lanzen, die in erstaunlicher Zahl sich am Himmel zeigten, und die Araber verglichen ihr Erscheinen geradezu mit Heuschreckenschwärmen. Eine alte irische Tradition spricht von den feurigen Thränen, die der heilige Laurentius alljährlich an seinem Feste, dem 10. August, weine. In den Tagen des Konzils zu Clermont, vom 10.—12. April 1095, berichten die Chronisten, sah man von Mitternacht

bis zur Morgenröthe Sterne vom Himmel fallen, so dicht wie Hagel. Man deutete dieses Ereigniß auf die bevorstehende große Bewegung in der Christenheit, auf die Kreuzzüge. Diese Neigung, den Naturerscheinungen eine Deutung zu geben durch Verkettung mit menschlichen Schicksalen und Leidenschaften, hinderte durch das ganze Mittelalter hindurch, den wahren Sinn der Erscheinung zu erfassen. Selbst an der Schwelle des gegenwärtigen Jahrhunderts vermochte erst eine überraschende Großartigkeit dieser Erscheinung eine ernstere Aufmerksamkeit zuzuwenden. Von besonderer Bedeutung wurde die Nacht des 12. November 1799. Länger als sieben Stunden hindurch wurde in dieser Nacht vom Aequator bis zum Polarkreise, in Brasilien, in Labrador, in Deutschland und in Grönland ein Schwarm von Milliarden von Sternschnuppen beobachtet.

Humboldt, der mit Bonpland in Cumana verweilte, schildert die Erscheinung als einem in bedeutender Höhe abgebrannten künstlichen Feuerwerke gleich. Große Kugeln, die an Größe bisweilen die Mondscheibe übertrafen, unzählige Sternschnuppen, deren Richtung regelmäßig von Norden nach Süden ging, durchschnitten ununterbrochen den klaren Himmel, auf den zahlreiche und lange phosphorische Linien gezeichnet wurden. Dreiunddreißig Jahre später, also im Jahre 1832, kehrte die Erscheinung in ähnlichem Glanze wieder; abermals waren es die Nächte vom 11.—13. November, in welchen man in Europa, Arabien und den Vereinigten Staaten Myriaden dahinschießender Sternschnuppen beobachtete. An einem Orte Frankreichs ergriffen die Arbeiter die Flucht vor diesem Feuerregen, und ein anderer Beobachter, der später so berühmt gewordene Leverrier, sagt, die Sternschnuppen seien einander ohne Unterbrechung und in so großer Zahl gefolgt, daß man Stunden gebraucht hätte, um die in demselben Augenblicke sichtbaren zu zählen, wenn sie still gestanden hätten. Aber von Entscheidung wurde erst die Erscheinung der Nacht vom 12. zum 13. November 1833, die namentlich in Amerika von Denison Olmstedt zu Newhaven und von Palmer in Boston beobachtet wurde. Die Sternschnuppen erschienen so zahlreich und in so vielen Regionen des Himmels zugleich, daß man bei dem Versuche sie zu zählen selbst eine rohe Annäherung nicht hoffen zu dürfen meinte. Man verglich ihre Zahl mit derjenigen der Schneeflocken, die man während eines gewöhnlichen Schneefalls in der Luft schweben sieht. Noch gegen Ende des Phänomens um 6 Uhr Morgens zählte man in 15 Minuten 650 Sternschnuppen auf einem Raume, der nur den zehnten Theil des sichtbaren Himmelsgewölbes umfaßte. Es wäre daraus auf mehr als 240,000 Sternschnuppen zu schließen, die in der Zeit von sieben Stunden am ganzen Himmel für einen einzelnen Ort sichtbar gewesen wären. Damals machte man zuerst die Bemerkung, daß die Mehrzahl der Sternschnuppen von einem bestimmten Punkte des Himmels ausging, der in der Nähe des Regulus im Sternbild des Löwen lag und unverrückt derselbe blieb trotz der scheinbaren Fortbewegung des Sternhimmels. Zugleich erinnerte man sich an das ähnliche in derselben Novembernacht beobachtete Ereigniß des Jahres 1799 und kam dadurch zuerst auf den Gedanken, daß es an bestimmten Tagen periodisch wiederkehrende Sternschnuppenerscheinungen gäbe. Man fand zahlreiche Beobachtungen aus früherer Zeit, die vollkommen zu dieser Ansicht stimmten, und die folgenden Jahre brachten eine auffallende Bestätigung derselben.

Das Jahr 1866 brachte wiederum einen ungeheueren Sternschnuppenregen der November-Meteore. Dieses Mal aber kam derselbe keineswegs unerwartet, sondern die Astronomen, die sein Eintreffen vermutheten, hatten sich sehr wol darauf vorbereitet. Besonders war von Seiten der Berliner Sternwarte ein Beobachtungssystem organisirt worden, welches eine scharfe Untersuchung der ganzen Erscheinung ermöglichte. Man hatte nämlich ein wohlbegrenztes Areal des Himmels in's Auge gefaßt, dessen Mittelpunkt der Polarstern und dessen Halbmesser nahe 30 Grad war. Die Zahl aller Sternschnuppenbahnen, deren Mitte in jenes Areal fiel, wurde in genau gemessenen Zeiträumen notirt.

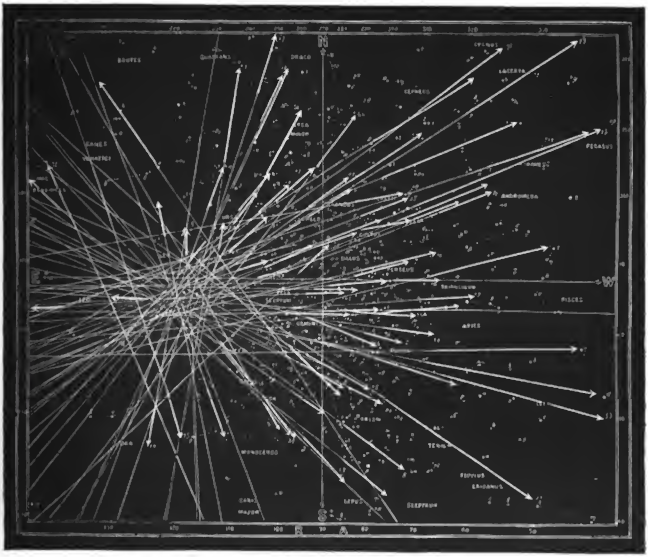


Radiationspunkt der November-Meteore.

Hieraus hat man später auf dem Wege der Rechnung die um die Zeit des Maximums sichtbare Anzahl der Sternschnuppen abgeleitet. Diese Anzahl betrug um jene Zeit in der Minute 55, und daraus ergiebt sich weiter, daß damals in 10 Minuten am ganzen Himmel etwa 15,000 Meteore aufleuchteten.

Das Novemberphänomen ist nicht das einzige geblieben, in welchem ein periodisches Auftreten der Sternschnuppen sich erkennen läßt. Sorgfältige Beobachtungen lenkten die Aufmerksamkeit bald auf andere unverkennbare Perioden hin. Die irische Sage von den Thränen des heiligen Laurentius wurde durch Quetelet in Brüssel die Veranlassung, auch die Nacht des 10. August in dieser Beziehung zu prüfen. Schon die Beobachtungen der ersten Jahre von 1834—

1840 ließen die periodische Natur der Sternschnuppenfälle in den Nächten vom 9.—14. August unzweifelhaft erscheinen. Andere Perioden hat man für den 20. — 25. April, für den 26. — 30. Juli, für den 2. — 5. August, für den 19.—26. Oktober und für den 9.—12. Dezember mit einiger Wahrscheinlichkeit erkannt. Allerdings entspricht die Fülle der Sternschnuppen in diesen Nächten nicht auch nur annähernd einer jener großartigen Erscheinungen, die ich vorhin schilderte, aber gleichwol sind die periodischen Fälle noch unverkennbar von den vereinzelten gewöhnlicher Nächte zu unterscheiden. Die Zahl der in solcher Periode erscheinenden Sternschnuppen betrug in der Stunde 15—20.



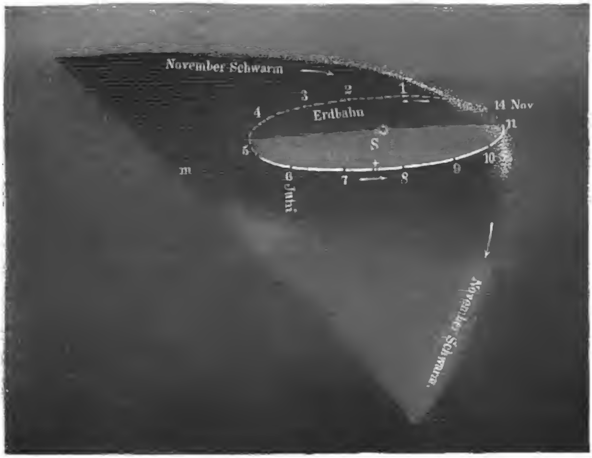
Ausgangspunkt von 83 Sternschnuppen am 13. November 1866.

In den meisten Fällen erreichte sie sogar 60 — 70. Dazu kommt noch die Regelmäßigkeit der Richtung. Sporadische Sternschnuppen gehen ganz unregelmäßig von den verschiedensten Punkten des Himmels aus. Periodische zeigen immer einen vorherrschenden Ausgangs- oder Radiationspunkt, der nicht mit der Umdrehung des Himmelsgewölbes wechselt und meist in der Richtung gelegen ist, gegen welche der Lauf der Erde hingeht. Ich erwähnte Ihnen schon, daß bei dem berühmten Novemberphänomen, die Mehrzahl der Meteore von dem Sternbilde des Löwen auszugehen schien. Bei dem Augustphänomen ist noch weit bestimmter ein Punkt in der Nähe des Algol im Sternbilde des Perseus als Ausgangspunkt hervorgetreten. Dieser Punkt scheint überhaupt derjenige,

welcher das ganze Jahr hindurch die meisten Meteore liefert. Gewöhnlich zeigen sich gleichzeitig mehrere Ausgangspunkte thätig, und zwar außer dem Punkte im Perseus und im Löwen zwei Punkte in der Kassiopeja und im Drachenkopf. Um den Radiationspunkt bei einem Sternschnuppenfall zu ermitteln, hat man nur nöthig, die wahrgenommenen Bahnen der Meteore in eine Sternkarte einzutragen und nach rückwärts zu verlängern. Sie schneiden sich dann auf einer kleinen Fläche des Himmels, deren Mittelpunkt dem Radianten entspricht. Sie sehen hier zwei solcher Zeichnungen, welche bei dem großen Sternschnuppenfalle in der Nacht vom 13. zum 14. November 1866 erhalten wurden.

Neben der ungleichen Häufigkeit der Meteore zu den verschiedenen Monaten des Jahres hat sich in den genaueren Beobachtungen von Coulvier-Gravier und Julius Schmidt auch eine ungleiche Häufigkeit zu den verschiedenen Nachtstunden offenbart. Es ergab sich nämlich, daß für jeden Beobachtungsort die größte Anzahl der Sternschnuppen gegen 5 Uhr Morgens sichtbar wird. Diese Thatsache erschien im ersten Augenblicke außerordentlich bedenklich für die Theorie des kosmischen Ursprunges der Sternschnuppen, denn es war hiernach nicht unmittelbar klar, wie es möglich sein könne, daß für jeden Ort der Erde gegen 5 Uhr seiner mittleren Ortszeit, also für jeden verschiedenen Ort in einem verschiedenen Momente, das Maximum der Erscheinung eintrete. Dem Scharfsinne des Mailänder Astronomen gelang es aber, diese Schwierigkeit zu einem der schönsten Beweise für die kosmische Natur der Sternschnuppen umzugestalten. Sein Gedankengang ist folgender. Nehmen wir an, daß im Allgemeinen die Sternschnuppen nahe gleich dicht durch den Raum vertheilt sind, so wird man von einem ruhenden Standpunkte aus in allen Richtungen durchschnittlich gleich viel Sternschnuppen wahrnehmen. Unsere Erde ist nun kein ruhender Standpunkt, sondern sie besitzt eine rotirende Bewegung um ihre Axe und eine fortschreitende um die Sonne. Was zunächst die rotirende Bewegung anbelangt, so begreift man leicht, daß sie allein auch keine Veränderung in dem sichtbaren Auftreten überhaupt in der Vertheilung der auftauchenden Meteore verursachen kann. Ganz anders aber wird die Sache, wenn wir die fortschreitende Bewegung mit hinzuziehen. Dann muß offenbar diejenige Hemisphäre am meisten von Meteoren getroffen werden, welche in der Richtung liegt, nach der hin sich die Erde durch den Raum bewegt. Denjenigen Punkt des Himmelsgewölbes, auf welchen die Erde hinfliegt, nennt Schiaparelli den Apex. Er liegt immer fast genau 90° westlich vom Orte der Sonne in der Ekliptik und steht demnach für jeden Ort Morgens um 6 Uhr über dem Horizonte und Abends um 6 Uhr unter dem Horizonte im Meridiane. Die meisten Sternschnuppen müssen daher von Mitternacht, wenn der Apex aufgeht, bis gegen Morgen beobachtet werden, die wenigsten dagegen in den Abendstunden. Das stimmt mit den Beobachtungen vollkommen überein. Aber noch mehr. Wenn die Fortbewegungsgeschwindigkeit der Erde und ebenso die mittlere Schnelligkeit der Meteore bekannt sind, so kann man das Verhältniß der Häufigkeit der letzteren in den einzelnen Nachtstunden berechnen; umgekehrt kann man, wenn diese Häufigkeit durch die Beobachtungen gegeben und dabei die Schnelligkeit der Erde bekannt ist, die mittlere Geschwindigkeit der Sternschnuppen

berechnen. Dieser letztere Fall liegt in der That vor uns, **Schiaparelli** hat auf diesem Wege gefunden, daß die Geschwindigkeit der Sternschnuppen 1,45mal größer ist als diejenige der Erde. Das ist nun aber fast genau die Geschwindigkeit, welche der Bewegung in einer Parabel entspricht, und es war damit erwiesen, daß die Sternschnuppen sich ganz wie die Kometen in langgestreckten Kegelschnitten bewegen. **Schiaparelli** ging noch weiter und zeigte, gestützt auf Untersuchungen von **Erman**, wie man, bei gegebener Kenntniß des Radiationspunktes, die ganze Bahn eines Sternschnuppenschwarmes bestimmen könne.



Novembeг-Schwarm und Erdbahn.

Gegen Ende des November 1866 berechnete er nach diesen Prinzipien die Bahn der Meteore des 10. August, indem er nach den Beobachtungen von **Alexander Herschel** deren Radiationspunkt in 44° Rectascension und 56° nördlicher Deklination und als Moment des Durchganges durch die Ebene der Erdbahn den 11. August 6 Uhr Morgens annahm.

Als Resultat ergab sich folgende Bahn der Perseus-Meteore 1866.:

Durchgang durch die Sonnennähe 1866, Juli 23,62,	
Länge des Perihels	343° 38′,
Länge des aufsteigenden Knotens . . .	138 16,
Neigung der Bahnebene gegen die Ekliptik	64 3,
Abstand in der Sonnennähe	0,9643,
Umlaufszeit	108 Jahre,
Richtung der Bewegung:	rückläufig.

Sie haben hier eine vollständig kometenartige Bahn vor sich, und was das Merkwürdigste, in der nämlichen Bahn, wie dieser Sternschnuppenschwarm,

Geräusch und ohne Geruch. Die ganze Erscheinung dauerte nur ganz kurze Zeit und Alles war wie vorher, von einem Knall, Zischen, noch sonst einem Geräusche habe ich weder vor derselben, noch nach derselben, etwas gehört."

Nach dieser Beschreibung könnte man geneigt sein, das in Rede stehende Phänomen mit den Erscheinungen leuchtend herabfallender Schneeflocken zu identificiren. So begründet ein solcher Schluß aber auch auf den ersten Anblick erscheinen möchte, so steht ihm doch die Aussage des anderen Augenzeugen der Erscheinung entgegen. Die Tochter des Herrn v. Raumer theilt über ihre Wahrnehmung das Nachfolgende mit: „Abends, als es schon ziemlich dunkel war, bemerkte ich, von Dessau nach Tonitz in einem zugemachten Wagen fahrend, daß es vor uns anfing plötzlich ganz hell zu werden, und daß die Pferde seitwärts sprangen. Als ich mich zum Fenster hinauslehnte, um die Ursache davon zu entdecken, sah ich eine leuchtende Erscheinung in Form einer Kugel und von der Größe eines Scheffelmaßes, welche sich von oben herabgesenkt und der Erde schon ziemlich nahe war. Als sie diese letztere erreichte und berührte, löste sich das Ganze auf in einzelnen Funken, welche schneeartig und ohne Geräusch auseinanderstoben und verlöschten."

Nach diesem Berichte kann allerdings von einer Zusammenstellung der Erscheinung mit den leuchtenden Schneeflocken nicht weiter die Rede sein. Allein was soll man aus dem Phänomen machen? Die Funken zergingen nach Aussage der Beobachter wie Schnee, der sich auflöst, und hinetrließen keine Spur ihres Daseins. Hofrath Schwabe sah an demselben Abende eine Menge von Sternschnuppen; allein kann man annehmen, daß die vorgenannte Erscheinung durch niederfallende Sternschnuppenmaterie entstand und daß diese zugleich von einer solchen Beschaffenheit war, daß sie sofort beim Aufschlagen an feste Gegenstände verschwand, verdunstete oder ins Unsichtbare zerrann?

Gehen wir zu einem anderen Falle über, den Haidinger berichtet und der sich auf ein am 31. Juli 1859 bei dem Schlosse Montpreis in Steiermark beobachtetes Meteor bezieht. Dasselbe schoß zischend aus der Luft herab, ganz mit der Geschwindigkeit einer Sternschnuppe, aber heller leuchtend. Das Meteor fiel vor der Montpreiser Kirche nieder auf festen Sandboden, machte in denselben eine kleine Höhlung von der Tiefe einer halben Nußschale und verbrannte im Umfange eines Thalerstückes den Boden. Das niedergefallene Objekt glühte noch 5 bis 8 Sekunden lang. Es waren drei nußgroße Stücke nebst staub- oder sandartiger Masse, mit einer schwarzen schlackenartigen Rinde überzogen.

Als letztes Beispiel muß ich noch den am 26. November 1859 zu Charleston in Süd-Carolina beobachteten Fall erwähnen. Der Beobachter sah eine feurige Kugel in geringer Entfernung von sich zur Erde stürzen und fand am anderen Tage einen kleinen Theil einer seltsamen faserigen Materie. Sie ist von Shepard untersucht worden. Derselbe fand die Fasern von mineralischer, zum Theil erdiger Beschaffenheit, mit einem kleinen Theile Kohle. Ihr Anblick war von dem aller bekannten organischen und unorganischen Körper verschieden.

Sind nun diese Beispiele beweisend für das gelegentliche Herabkommen von Sternschnuppenmaterie zur Erde? Diese Frage will ich nicht beantworten, aber jedenfalls sind die angeführten Thatsachen nicht geeignet, das regelmäßige Verschwinden der Sternschnuppen in der Luft zu erklären. Schiaparelli weist



Wunder d Sternenwelt 2 Aufl. Leipzig, Verlag von Otto Spamer.

FEUERMETEOR VOM 4. MÄRZ 1863.

Nach einer Abbildung in Guillemin's Le Ciel. Lith u Druck v. E N Strassberger, Leipzig

darauf hin, daß gerade bei den großen Sternschnuppenfällen des August und November die Meteore Geschwindigkeiten von 59,800 und 71,150 Meter in der Sekunde besitzen und also auf die Erde mit solchem Ungestüm stürzen, daß ihre gänzliche Auflösung in der Atmosphäre nicht gerade eine absurde Annahme sei.

Die Ansichten über die Bedeutung der Meteore als Weltkörper, die ich Ihnen hier als die Frucht der neuesten wissenschaftlichen Forschungen entwickelt habe, gehen in ihrem unbewußten Keime in ein hohes Alterthum zurück. Man darf die Wissenschaft des Alterthums nicht überschätzen, wie man es noch heute gar zu gern thut, aber man darf auch die gesunden, vernünftigen Gedanken, die daraus hervorleuchten, nicht völlig verachten. Das griechische Alterthum, das immer unerschöpflich in Deutungen und Vermuthungen gewesen ist, hatte auch über den Ursprung jener Phänomene wahrhaft überraschende Ansichten. Schon manchem griechischen Naturphilosophen waren sie mehr als blos vorübergehende Lufterscheinungen oder entzündete Luftarten, die sich in den oberen Regionen gesammelt hätten; sie waren ihnen „ein Fall himmlischer Körper, die durch ein gewisses Nachlassen der Schwungkraft und durch den Wurf einer unregelmäßigen Bewegung herabgeschleudert werden, nicht blos auf die bewohnte Erde, sondern auch außerhalb in das große Meer, wo man sie nicht findet.“ Diogenes von Apollonia nannte sie geradezu „unsichtbare Sterne, die sich namenlos mit den sichtbaren zusammen bewegen und bisweilen auf die Erde fallen und erlöschen, wie jener steinerne Stern, der ganz feurig bei Aegospotamos fiel.“ Aeltere Philosophen, wie Anaxagoras, dachten sich nämlich alle Gestirne als Felsstücke, die der feurige Aether in seinem Umschwunge von der Erde losgerissen, entzündet und zu Sternen gemacht habe. Aber die Griechen hielten ja die Erde für den Zentralkörper, um den sich her einst Alles in ähnlicher Weise gebildet habe, wie nach unseren heutigen Ansichten alle Weltkörper eines Systems aus der erweiterten Sphäre eines anderen Zentralkörpers, der Sonne, entstanden. So hatten also schon die alten Griechen eine ziemlich richtige Vorstellung von dem kosmischen Ursprunge und Dasein der Meteorsteine und Sternschnuppen, eine Höhe der Anschauung, zu welcher sich das Mittelalter und selbst der freiere Geist der letzten Jahrhunderte nicht erheben konnte. Die Menschheit schien erstarrt in Gleichgültigkeit und Zweifelsucht. Seit Jahrtausenden waren vor den Augen der Menschen Meteorsteine gefallen, Khalifen und mongolische Fürsten hatten aus ihren Massen Schwerter schmieden lassen, Menschen waren durch ihren Fall zerschmettert, Häuser in Brand gesteckt worden; und doch achtete man sie für nichts als bedeutsame Spiele des Zufalles, bis Chladni ihren innigen Zusammenhang mit der Weltordnung erkannte.

Auf die Phantasie allein und die dunkle Ahnung der Völker verfehlten diese prachtvollen und wunderbaren Phänomene zu keiner Zeit ihre Wirkung. Plötzlich sah man Bewegung eintreten mitten auf dem Schauplatze nächtlicher Ruhe; auf Augenblicke begann es sich zu beleben und zu regen im stillen Glanze des Firmaments; lange Feuerstreifen flammten auf, und mit mildem Lichte tauchte ein vergänglicher Stern auf. Mußte das nicht den Volkssinn erwecken zu dichterischen Ahnungen einer unbekannten jenseitigen Welt? Wem wäre nicht so manche wahrhaft edle Anschauung bekannt, die sich uns noch jetzt in dem kindlichen Aberglauben der Völker offenbart! Die Spinnerin, so heißt es in

einer lithauischen Volksdichtung, beginnt den Schicksalsfaden des neugeborenen Kindes am Himmel zu spinnen, und jeder dieser Fäden endet in einen Stern. Naht der Tod des Menschen, so reißt sein Faden, und der Stern fällt erbleichend zur Erde nieder. Selbst die Einbildungskraft roher Naturvölker entzündete der Anblick dieser Naturerscheinung zu schönen Dichtungen. Die Sterne, heißt es auf den Gesellschaftsinseln, sind die Geister der Verstorbenen; man giebt ihnen die Namen seiner Lieben. Ein fallender Stern ist ein Geist auf der Flucht vor einem mächtigen bösen Gotte, und zur Erde flieht der Geist zurück, weil er dort Hülfe erwartet in der Liebe der Zurückgebliebenen. Der Mensch kettet ja so gern sein Schicksal an die Sterne; dort will er lesen, was ihm der dunkle Schleier der Zukunft verhüllt; dorthin versetzt er die Geister der Abgeschiedenen, denn dort sind die Räume des Lichtes und der Freiheit. Nur eine ganz roh-sinnliche Naturanschauung konnte in den Sternen Lichter erblicken, die sich putzen, um wieder heller zu leuchten, und deren Schnuppen zur Erde fallen.

Auch der ernsten Wissenschaft bleiben jene Meteore noch immer eine Quelle reicher Gedanken. Hier zum ersten Male begegnen wir bei den Meteoriten unsichtbaren Weltkörpern, deren Dasein uns allein durch Phänomene des Erglühens in der Nähe der Erde, vielleicht auch durch Verdunkelung des im Brennpunkte aller Planetenbahnen befindlichen leuchtenden Gestirns bekannt wird. Denn ob diese Körper vielleicht auch in ihrer Gesammtmasse durch Reflexion des Sonnenlichtes sichtbar werden können, ob etwa irgend eine Beziehung zwischen ihnen und dem Zodiakallicht besteht, ist noch sehr zweifelhaft. Zum ersten Male treten wir bei den Meteoriten in einen unmittelbaren Verkehr mit der Außenwelt. Es sind nicht mehr Körper, die nur aus der Ferne leuchten und wärmen oder durch Anziehung bewegen und bewegt werden; es sind Theile von Himmelskörpern selbst, die aus dem Weltenraume in unsere Atmosphäre gelangen und unserem Erdkörper verbleiben. Hier können wir betasten und wägen, was einer fremden Natur angehört. Nicht mehr die Vergängliches schaffende Phantasie, sondern die rechnende, denkende Vernunft beginnt hier ihre Thätigkeit, läßt, in kleine Massen geballt, dunkle Sternschnuppenasteroiden um die Sonne kreisen, kometenartig die Bahnen der großen Planeten durchschneiden und strahlend aufflammen, wenn sie der Zug der Schwere in die Nähe unseres Erdkörpers führt.

In endlose Fernen drohten uns neulich die Kometen hinauszulocken, hinaus über die Grenzen unserer Heimat in die Anziehungsgebiete fremder Sonnen. Hier diese kleinen, kometenähnlichen Welten, diese Feuermeteore und Sternschnuppen, haben uns zur Erde zurückgeleitet. So findet sich auch in den Räumen des Himmels eine Verkettung von Nähe und Ferne, von Fremdartigem und Verwandtem. Aber nur als Fremdlinge haben wir diesmal die Heimat betreten, und abermals stürmen wir nun hinaus zu den Grenzen des heimischen Gebietes, und dann werden wir auch diese verlassen, und das ungeheuere, von zahllosen Welten erfüllte Reich unserer Sonne wird hinter uns schwinden, wird als ein Punkt, als ein schimmernder Stern nur noch winken an dem neuen Sternhimmel, der sich über uns wölben wird.



P. Angelo Secchi. E. Halley. K. L. Hencke.

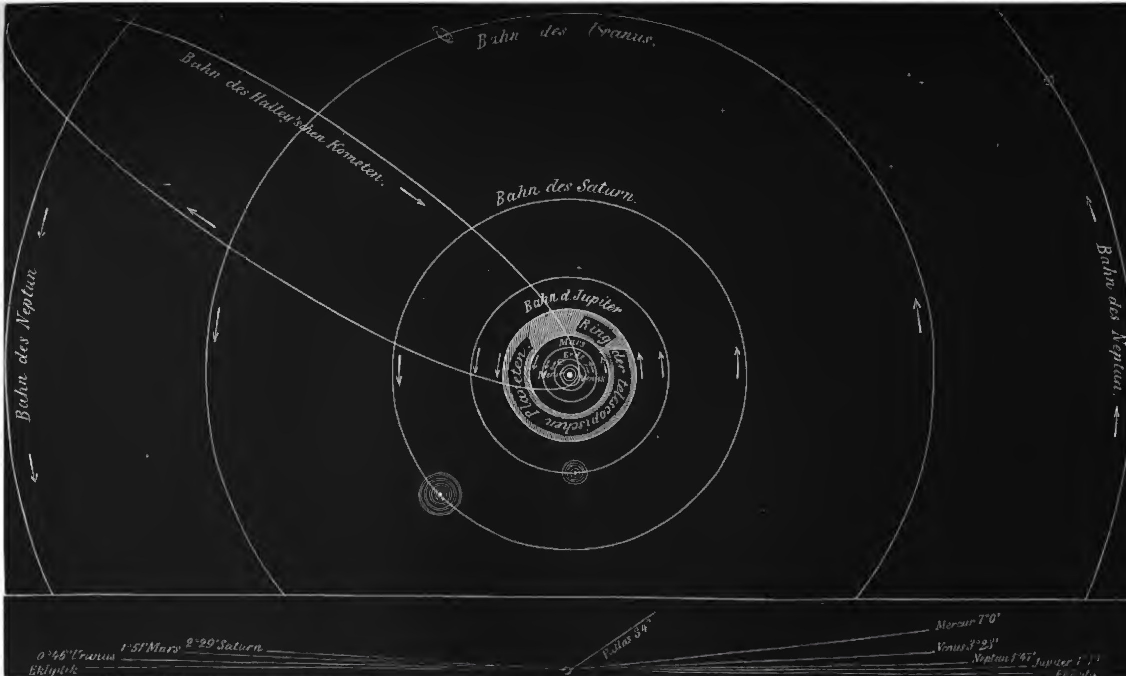
Rückblick auf das Planetensystem.

Ich war dabei, als noch da drunten siedend
Der Abgrund schwoll und strömend Flammen trug,
Als Molochs Hammer, Fels an Felsen schmiedend,
Gebirgestrümmer in die Ferne schlug.

An den Grenzen eines durchwanderten Gebietes, da wo in Charakter, Sitte, Sprache, Gesetz zwei Nationen, im physiognomischen Ausdruck zwei Länder sich scheiden, da hemmt wol gern der Wanderer seinen Schritt, um mit den Blicken seine Gedanken noch einmal zurückschweifen zu lassen und die zerstreuten Erfahrungen in ein Gesammtbild zusammenzufassen, das von dem innern Sinn begriffen werden mag. An dieser Grenze ist es, wo die Geschichte und die Verfassung eines Landes erst eine rechte Bedeutung zu gewinnen scheinen, wo die Bedingungen seines Bestehens und die Gefahren seiner Zukunft nahe gerückt werden. Wie hätten wir nun an den Grenzen dieses großen heimatlichen Gebietes, das wir als unser Sonnensystem, als unsere planetarische Welt bezeichneten, nicht für einen Augenblick wenigstens unsern eilenden Flug hemmen sollen, um rückwärts zu schauen auf diese mannichfaltigen, zahllosen Gestalten, die doch zu einer Ordnung zusammengehalten, unter ein Gesetz gestellt, Jahrtausende hindurch die kühnsten und genialsten Anstrengungen des menschlichen Geistes erforderten, um dem irdischen Wanderer zugänglich zu werden! Wie hätten wir gedankenlos die Schwelle eines Jenseits überschreiten können, hinter der sich eine Unendlichkeit an Raum und Zeit eröffnet, eine Fremde, die uns in ihrer Fülle und Oede unser eigenes Heimatsgebiet zu entfremden droht!

Lassen Sie uns die Gelegenheit benutzen, noch einmal die Reihe der Gestalten zu durchfliegen, denen wir in diesem Sonnensysteme begegneten. Da haben Sie vor allen die Sonne, die Weltleuchte, das pulsirende Herz dieses Weltenreiches, mehr als 700mal an Masse die gesammte Planetenwelt überwiegend. Sie begegneten dann einer Schaar von Planeten, kugelförmigen, dunkeln Weltkörpern, die sich in verschiedenen Abständen, aber fast in gleicher Ebene um die Sonne bewegten. Auch hier zeigte sich wieder eine auffallende Mannichfaltigkeit. Schon die Größe schied sie in gewisse Gruppen. Da waren vier Planeten, der Sonne am nächsten stehend, von mäßiger Größe, von fast gleicher Dichtigkeit, in fast gleicher, ziemlich langsamer Bewegung um die Axe schwingend. In weiter Ferne trafen Sie abermals vier Planeten von riesiger Größe, von auffallend geringer Dichtigkeit, die nicht ein Viertel der irdischen überstieg, und mit großer Geschwindigkeit, die irdische um das Doppelte übertreffend, um die Axe rotirend. Zwischen diesen beiden Gruppen stand eine dritte, von zahlreichen, außerordentlich kleinen Planeten gebildet, die sich in sehr stark geneigten, excentrischen, in einander verschlungenen Bahnen bewegten. Die größeren der Planeten zeigten sich überdies von Monden begleitet, und diese Monde boten in ihrer Bewegung eine überraschende Uebereinstimmung dar, indem ihre Axendrehung mit ihrem Umlaufe um die Hauptplaneten genau zusammenfiel. Sie begegneten dann weiter in dem Raume, welcher von den Planeten gemieden schien, einer Schaar zahlloser Kometen, die, wunderbar mannichfaltig von Gestalt und Bewegung, nach allen Richtungen und in alle Fernen schweifend, bald von den Planetenbahnen umschlossen, bald nur in ihrer Sonnennähe diese berührend, doch in der excentrischen Gestalt und der bedeutend geneigten Lage ihrer Bahnen, sowie in der außerordentlich geringen Dichtigkeit ihrer Masse eine gewisse Verwandtschaft verriethen. Sie sahen dann weiter die Zahl der Weltkörper unseres Systems vermehrt durch die Schwärme der Meteor-Asteroiden, welche in vielfach verschlungenen Bahnen die Sonne umkreisen und in einzelnen Eigenthümlichkeiten an die Kometen erinnern. Ich hatte Sie endlich noch auf eine geheimnißvolle Form der Materie unseres Sonnengebietes aufmerksam gemacht, die uns in der Erscheinung des Thierkreislichtes sichtbar wird und wahrscheinlich einem Ringe staub- oder nebelartiger Materie angehört.

Als wir dieses reiche Gebiet unseres Sonnensystems durchschweiften, wird ein wichtiger Umstand Ihrer Aufmerksamkeit nicht entgangen sein. Was wir von diesen Welten erfuhren und erforschten, war im Wesentlichen einer Zurückführung auf Zahlenverhältnisse fähig und stützte sich auf Voraussetzungen, die einer strengen Prüfung unterworfen werden konnten. Einzelne dieser Voraussetzungen habe ich Sie selbst prüfen gelehrt, andere gehören einer besonderen mathematischen Wissenschaft, einer Mechanik des Himmels an. Was sich dem Bereiche der Zahlen entzog, das war nur die Deutung der planetarischen Oberflächen, der gasförmigen Umhüllungen der Weltkörper, der Natur der Kometenschweife, des Zodiakallichtes und der räthselhaften Meteor-Asteroiden. Was aber durch die Zahl überwältigt wird, das ist die eigentliche Errungenschaft der astronomischen Forschung. Eine Zahlentabelle, wie sie etwa die Bahnelemente der Planeten darstellt, oder selbst eine bildliche Darstellung der Planetenbahnen hat für die unmittelbare Anschauung einen nicht zu unterschätzenden Werth.



Die Bahnen der Planeten. — (Unten: Die Neigungen der Planetenbahnen gegen die Bahn der Erde.)

Sie enthält einen tieferen geistigen Inhalt, als ganze Bücher des Alterthums über die Ordnung des Himmels. Gewiß, ein Astronom des Alterthums, wenn er heute unter uns träte, würde in weit gerechteres Erstaunen über diese Zahlen gerathen, als über die Wunder unserer Mechanik, über Dampfmaschinen und Telegraphen.

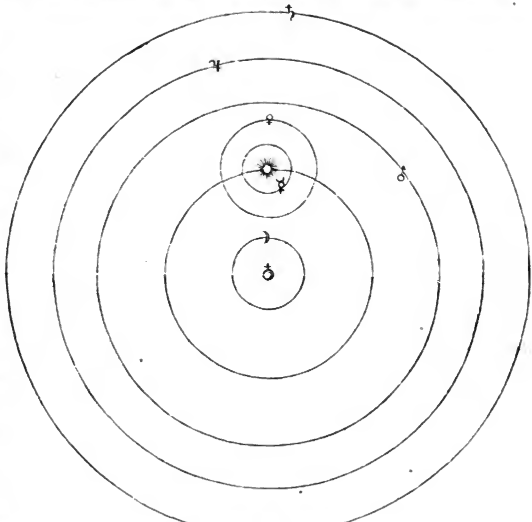
Nur Zahlen führen zu Gesetz und Ordnung; nur sie lehren eine Gemeinsamkeit der Verhältnisse kennen, eine innere Einheit, sei es durch das Gesetz oder durch den Ursprung, erschließen. Wenn die Alten auch am Himmel ihrem bekannten Gange, Alles zu ordnen und in Systeme abzugrenzen, folgten, so konnten sie sich dabei nur auf sehr äußerliche Wahrnehmungen stützen. Nicht die Wirklichkeit zu begreifen, sondern die zerstreuten Thatsachen der Erfahrung zusammenzufassen, war der Zweck ihrer Systeme. Nur zu erklären suchte man, und wenn die einfachen Erklärungen nicht ausreichten, so mußte man, wie einer der denkendsten Astronomen des Alterthums, Claudius Ptolemäus, sagt, andere mögliche Voraussetzungen wählen und sich begnügen, wenn sich die Erscheinungen dadurch erklären ließen. Sie können sich denken, welche verwickelte Gestalt ein System bei solchen Grundsätzen bisweilen erlangen konnte, und werden es dem König Alfons von Castilien nicht verargen, wenn er kopfschüttelnd ausrief: „Hätte Gott mich bei seiner Schöpfung zu Rathe gezogen, ich hätte der Welt eine bessere Ordnung gegeben!“ Ich will Sie nicht mit der Aufzählung aller der verschiedenen Vorstellungen ermüden, die man sich in der Vorzeit von der Ordnung der Welt gebildet hat, sondern Ihnen nur ein Gesammtbild von der herrschenden Anschauung zu entwerfen suchen, die noch bis in das 16. Jahrhundert unserer Zeitrechnung hinaufreicht.

Es waren außer unserer Erde bekanntlich nur sieben Weltkörper unseres Sonnensystems, von denen die Alten eine Kunde hatten, und von diesen galten wenigstens in früherer Zeit nur fünf als eigentliche Planeten. Sonne und Mond wurden wegen ihrer scheinbaren Größe, wegen ihrer auffallenden Beziehungen zum Erdleben und, was damit zusammenhängt, wegen ihrer mythisch-religiösen Bedeutsamkeit streng von den Planeten getrennt gehalten. Der Ursprung der Planetennamen reicht in unbekannte Zeitfernen hinauf; die Planetenzeichen dagegen gehören erst der Astrologie des Mittelalters an, reichen in ihrer heutigen Form sogar nicht über das 15. Jahrhundert hinaus. Die Erde bildete den Mittelpunkt der Welt. Vereinzelte ahnungsvolle Anschauungen eines Philolaus, eines Aristarch, welche der Erde einen Kreislauf um die Sonne zuschrieben, vermochten nicht dem Vorurtheile der Menge gegenüber sich Geltung zu verschaffen und verloren sich spurlos in dem Dunkel der folgenden Zeiten. Auch jene später auftauchende Meinung über den Weltbau, welche fälschlich den Aegyptern zugeschrieben wird, und nach welcher die unteren Planeten, Merkur und Venus, als Satelliten der selbst um die Erde kreisenden Sonne aufgefaßt wurden, bildet nur ein vereinzelt gebliebenes Zeugniß für die glücklicheren Versuche jener Zeit, die Erscheinungen des Himmels zu deuten.

Die herrschende Ansicht des Volkes von der Ordnung der Gestirne findet ihren Ausdruck in dem System des Aristoteles, wie es durch die bewunderungswürdigen Forschungen Hipparch's und die kühnen, aber geistvollen Konstruktionen

des Claudius Ptolemäus erweitert und ausgebaut, unter den Schutz der christlichen Kirche des Mittelalters aufgenommen, bis in das 16. Jahrhundert eine fast einzig dastehende Gewalt über die Geister ausgeübt hat. Die Erde ruhend im Mittelpunkt des All, um sie die Planeten an krystallenen Himmelssphären sich bewegend, zunächst der Mond, dann der Merkur, die Venus, die Sonne, Mars, Jupiter und Saturn, endlich die Fixsternsphäre und das Ganze umschließend die äußerste Sphäre des ersten Bewegers, der Urkraft der himmlischen Bewegungen — das sind die Grundzüge des aristotelisch-ptolemäischen Systems.

Sie dürfen sich die Aufstellung eines solchen Systems keineswegs zu leicht vorstellen. Zunächst hatte man ja nichts als den sinnlichen Schein; Beobachtungen brachten nur Schwierigkeiten statt Aufhellungen. Da gab es mancherlei Bewegungen, die in Einklang gebracht werden sollten. Einmal war es die tägliche Bewegung des Himmels von Ost nach West, die mit einer anderen eigenthümlichen und langsamen Bewegung in Uebereinstimmung zu bringen war, welche die Sterne in einer Periode von 25,000 Jahren von



Das ägyptische Weltsystem.

West nach Ost um die Pole der Ekliptik führt. Dann mußte gleichzeitig eine dritte Bewegung berücksichtigt werden, welche die Sterne alljährlich von Ost nach West, also in entgegengesetzter Richtung um die Pole der Ekliptik führt. Endlich waren die jährliche und tägliche Bewegung der Sonne mit einander in Einklang zu bringen, die gleichfalls entgegengesetzt gerichtet sind. Dazu kam noch der eigenthümliche Lauf, den jeder einzelne Planet verfolgt. Gewiß erforderte es keinen geringen Aufwand von Scharfsinn, einen Himmelsmechanismus zu erdenken, der allem Diesem gleiche Berücksichtigung angedeihen ließ. Man nahm nun verschiedene feste Krystallhimmel an, die sich über einander bewegten und einander die von dem ersten Beweger erhaltene Bewegung mittheilten,

während an ihnen selbst wieder die Planeten ihre besonderen Wege gehen konnten. Jene Himmelssphären mußten fest sein, weil sie sonst keinen Einfluß aufeinander hätten ausüben, die tägliche Bewegung nicht gemeinsam hätten ausführen können. Sie mußten vom reinsten Krystall sein, da sonst das Licht der Sterne sie nicht hätte durchdringen können. Als die Beobachtung fortschritt, genügten nicht einmal mehr die sieben oder acht ursprünglich angenommenen Krystallsphären. Schon Ptolemäus mußte die Zahl der Himmelskreise vermehren, mußte den eigentlichen Bahnen der Planeten andere Kreise anweisen, deren ideale Mittelpunkte nur sich in den alten Sphären bewegten. Jede neue Bewegung, die man beobachtete, zwang zur Einführung neuer Kreise, und kaum glaubte man seine Sphären vollendet, so fand sich eine neue Abweichung, und um sie zu erklären, mußte man an eine Ausbesserung, eine Vervielfältigung des Mechanismus denken. Die Zahl der Himmelskreise stieg allmählich auf einige siebzig. Sie können sich denken, daß diese künstliche Himmelsmaschinerie von Sphären und Epizykeln, von konzentrischen und exzentrischen Kreisen nicht geeignet war, das Räthsel der Himmelsbewegungen zu lösen; aller Aufwand menschlichen Scharfsinns schien hier vergeblich.

Sie werden fragen, wie es überhaupt möglich war, sich Bewegungen zu denken, die jenen Epizykeln mitten durch die dicken Krystallschalen hindurch ertheilt werden mußten. Aber nach der Weise der damaligen Zeit wußte man sich aus mancher Schwierigkeit herauszuwickeln. Man dachte sich z. B. Furchen an jenen Sphären gezogen, durch welche die Mittelpunkte der Epizykeln geräuschlos und ohne Reibung hinglitten. Wenn man aber auch Manches, freilich nicht im modernen Geschmacke zu erklären vermochte, so blieben doch immer noch Räthsel genug übrig. Namentlich waren es Merkur und Venus, die bald unüberwindliche Schwierigkeiten darboten. Die Ungleichheiten ihrer Geschwindigkeit, ihre Rückläufe und Stillstände, namentlich ihre verschiedenen scheinbaren Größen fanden in diesem Systeme keine Lösung.

Leider hat dieses ptolemäische System, getragen durch die Autorität der aristotelischen Philosophie, mit der man es in Zusammenhang zu bringen wußte, fast anderthalb Jahrtausende hindurch sich in einer wahren Heiligkeit erhalten, und theologische Schriftsteller haben noch ein volles Jahrhundert nach der Reformation jeden Angriff auf dieses System wie eine Anfeindung unseres kirchlichen Glaubens zurückgewiesen. Unter seinen sich selbst aufgelegten Fesseln hat die Wissenschaft hart gebüßt; die Wege der Beobachtung waren ihr verschlossen, und dem Auge war es verwehrt, unbefangen die Erscheinungen der Natur selbst zu schauen. Der Erste, der es wagte, das alte System zu stürzen, war **Nikolaus Kopernikus** oder Köpernik, geboren zu Thorn am 19. Februar 1473, gestorben als Bischof zu Frauenburg gegen Mitte Mai 1543. Auf der Hochschule zu Krakau gebildet, durch Reisen in Italien in Verkehr mit den geistvollsten Forschern jener Zeit, erkannte er bald die Zerrissenheit der damaligen astronomischen Wissenschaft, und seine eigenen Studien am Himmel lehrten ihn den Grund dieser Zerrissenheit in den Mängeln der ptolemäischen Weltordnung finden. Da zerschlug er mit kühner Hand die Krystallsphären des Ptolemäus, zerriß dessen Epizykeln und hemmte den rasenden Wirbel des ersten Bewegers.



Keplers Denkmal zu Weil-die-Stadt.

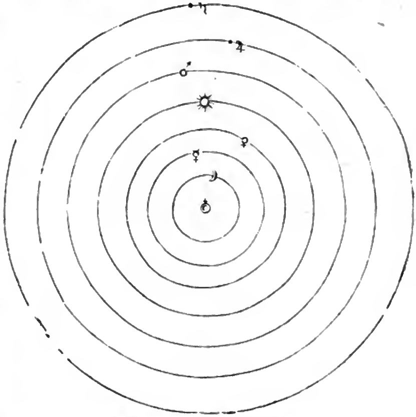
Vor Allem gebot er der Sonne Stillstand und befestigte sie in der Mitte des Alls; er störte die Erde aus ihrer Ruhe auf und schleuderte sie hinaus in die Wogen des Aethers, damit sie im Vereine mit den anderen Planeten die Sonne umkreise. Es war eine kühne, eine gefahrvolle That. Die öffentliche Meinung stand ihm entgegen, die Kirche erblickte hierin eine Verletzung ihrer Tradition, und selbst die Gelehrten sträubten sich gewaltsam gegen eine solche das ganze Wissenschaftsgebäude erschütternde Neuerung. An einem der gelehrtesten und scharfsinnigsten Männer nach ihm, an Tycho Brahe, fand die Lehre des Kopernikus ihren gefährlichsten Gegner. Denn Tycho war selbst ein hochberühmter Astronom, ja als Beobachter von keinem seiner Zeitgenossen erreicht. Befangen in den Anschauungen seiner Zeit, nach welchen die Bewegung der Erde sich nicht mit den Worten der Bibel vereinigen lasse, versuchte er abweichend von Kopernikus eine andere Anordnung des Weltsystems als wahrscheinlich aufzustellen. Aber das System des Tycho, durch welches der letzte Versuch gemacht wurde, der Erde ihre Ruhe zu erhalten, indem die Sonne mit dem gesammten Heer der Planeten sich um die ruhende Erde bewegen sollte, gerieth noch bei Lebzeiten seines Begründers in Vergessenheit. Kopernikus hatte den Gedanken aus seinem Zauberschlaf erlöst; er ließ sich nicht mehr bannen.

Kopernikus war kaum 35 Jahre alt, als er sein unsterbliches Werk über die Umwälzungen der Himmelskörper schrieb. Aber erst nach mehr als 30 Jahren wagte er, gedrängt von seinen Freunden, es der Oeffentlichkeit zu übergeben, und schon lag er auf dem Sterbebette, als er die ersten gedruckten Bogen seines Buches in den Händen hielt.

Die Einführung des Kopernikanischen Systems bezeichnet einen eben so wichtigen Zeitabschnitt für die Geschichte der Wissenschaft, wie die Reformation für Staatsleben und Religion, und es ist keineswegs ein völlig gleichgültiger und zufälliger Umstand, daß an der Schwelle des 16. Jahrhunderts so zahlreiche weltenerschütternde Thaten zusammentreffen, das System des Kopernikus mit der Reformation, die Entdeckung Amerika's mit der Erfindung der Buchdruckerkunst. Ein neuer Geist strömte über die Geschichte aus, und das Zeitalter, das mit der That des Kopernikus beginnt, ließ hinter sich die träumerischen Spiele, in denen man sich die große wie die kleine Welt aufgebaut hatte, entwand sich dem Gängelbande der Autorität, um mit dem Ernste des Gedankens und in unbeschränkter Freiheit des Forschens die Wirklichkeit in ihrem Innersten zu ergründen. Thatsachen bildeten fortan den Grund aller Erkenntniß, und das Gesetz in den Dingen war der Mittelpunkt, um den sich alle Wissenschaft drehte.

Das Kopernikanische System war eben nur erst die Grundlage der neuen Wissenschaft des Himmels; es fehlte ihm aber noch jener innere Kern, das Gesetz, als der geistige Ausdruck des ursächlichen Zusammenhanges der Erscheinungen. Die Grundzüge des Kopernikanischen Systems sind Ihnen ohne Zweifel bekannt. Die tägliche Bewegung der Erde um ihre Axe, die jährliche Bewegung der vom Monde begleiteten Erde um die Sonne, endlich die Bewegung sämmtlicher Planeten in der Reihenfolge, in welcher wir sie durchwandert haben, um die ruhende Sonne, das ist der kurze Inhalt jener Lehre. Die Form der Bahnen, in welcher sich die Erde und alle Planeten bewegen, war noch von Kopernikus

als kreisförmig beibehalten worden; hatte doch die Kreislinie fast zwei Jahrtausende hindurch als die vollkommenste aller Linien gegolten. Aber hier zeigten sich nun die ersten Schwierigkeiten des neuen Systems. Schon Kopernikus erkannte, daß die Ungleichheiten in der Bewegung der Planeten einer besonderen Erklärung bedurften, und er glaubte sie in der Annahme exzentrischer Kreise zu finden. Er setzte die Sonne also nicht genau in den Mittelpunkt der Planetenkreise. Aber die Beobachtung schritt fort, die Mittel der Beobachtung mehrten und verfeinerten sich. Neue Thatsachen wurden aufgedeckt, die in Widerspruch mit den bisherigen Annahmen traten. Man fand, daß die Geschwindigkeit der himmlischen Bewegungen überhaupt keine völlig gleichförmige sei, wie sie es doch bei der Annahme einer Kreisbewegung nach den Grundsätzen der Mechanik sein mußte. Da war es Zeit, dem Himmel seine Gesetze zu geben, und der große Gesetzgeber des Himmels war Kepler. Dieser Mann gehört zu den glücklichsten und dennoch unglücklichsten Menschen aller Zeiten: glücklich, indem es ihm gegeben war, die Gesetze des Himmels zu enträthseln, und unglücklich, da er in der Zeit der tiefsten Erniedrigung Deutschlands, mit Noth und Gefahren kämpfend, seines Daseins Kreise durchlaufen mußte. Johannes Kepler wurde geboren am 27. Dezember 1571 zu Weil (die Stadt) im Strohgäu (Württemberg), als Erstling einer unglücklichen Ehe.

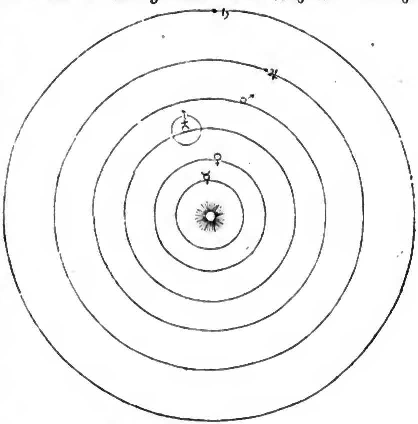


Das ptolemäische Weltsystem.

Die Sorge wachte an seiner Wiege und begleitete ihn auf die Klosterschule zu Maulbronn, wo er unter Beschwerden und Entbehrungen aller Art Theologie studirte. Dort weihte Mäßlin den jungen Mann zuerst in die Lehren des Kopernikus ein, aber im Geheimen, aus Furcht vor der Wuth der protestantischen Zeloten. Im Jahre 1593 kam Kepler nach Graz als Lehrer der Mathematik, da die Tübinger Professoren ihn längst als untauglich zum Mitarbeiter im Weinberge der württembergischen Kirche erklärt hatten. Doch schon 1598 brach in Graz die Verfolgung der steyerischen Protestanten aus, und er mußte, trotz der Unterstützung der Jesuiten, die weit toleranter waren als der in Abgeschmacktheiten verkommene Geistespöbel zu Tübingen, das Land verlassen. Also wandte sich Kepler nach Prag und ward Mitarbeiter von Tycho, so wie nach dessen Tode sein Nachfolger. Es war ein glänzendes Elend, in welches er hier gerieth; weder der Kaiser Rudolf II. noch Mathias konnten den Gehalt ihres Hofastronomen erschwingen. Im Jahre 1612 verließ er endlich seine Stellung in Prag und

ging nach Linz an der Donau, wo er einige ruhige Jahre durchlebte. Da traf ihn die Nachricht, daß seine alte Mutter, das „Kätherchen von Leonberg" als Hexe in Haft genommen sei. Nachdem er Weib und Kind aus dem vom Kriege umtobten Linz in Regensburg untergebracht, eilte er auf den Flügeln der Sorge für die alte Mutter nach Württemberg. Es gelang ihm mit vieler Mühe die Akten vor die Fakultät in Tübingen zu bringen, und diese entschied endlich, wahrscheinlich in ihrem juristischen Verstande durch den mit Kepler befreundeten herzoglichen Vizekanzler Sebastian Faber etwas erleuchtet, man solle die alte Frau Kepler „von der Klage absolviren". Froh kehrte der große Himmelsforscher über Regensburg nach Linz zurück, mußte aber, da der Protestantismus in Oesterreich ausgerottet werden sollte, nach Prag und von dort nach Regensburg ziehen. Vom Kaiser, der seine Gehaltsrückstände nicht bezahlen konnte, an Wallenstein verwiesen, trat Kepler in die Dienste des Friedländers und ließ sich 1628 zu Sagan nieder. Aber der berühmte Söldnerführer suchte mehr einen Astrologen als einen Astronomen. Es war um die Zeit, als Wallenstein auf Betreiben des Kurfürsten abgesetzt wurde, und unter diesen Umständen fiel es dem Herzoge von Friedland nicht im entferntesten ein, Kepler die versprochene Zahlung zu leisten. Also wandte sich dieser wiederum an den Kaiser und unternahm allein, zu Pferde, die damals gefährliche Reise von Sagan nach Regensburg. Auf dem Wege litt er viel von ungünstigem Wetter, und in Regensburg angelangt, verfiel er in ein heftiges Fieber. Am 15. November 1640 erlag Kepler, wol mehr den Bemühungen der ärztlichen Kunst als dem Fieber, fern von den Seinen und ward auf dem protestantischen Kirchhofe begraben. Kepler gehört zu den spekulativsten Forschern aller Zeiten; 73 Jahre nach dem Tode des Kopernikus (um 1616) stellte er seine drei unsterblichen Gesetze auf, durch welche über die Gestalt der Bahnen, die Geschwindigkeit der Bewegungen und die Beziehungen zwischen Abständen und Umlaufszeiten der Planeten eine unzweifelhafte Entscheidung gegeben ward. Die Planeten bewegen sich sämmtlich in Ellipsen, in deren einem Brennpunkte die Sonne steht — so lautet das erste Gesetz. Der Brennstrahl oder der Radius vector, d. h. die von der Sonne zu einem Planeten gezogene Linie, durchläuft in gleichen Zeiten immer gleiche Flächenräume oder Ausschnitte — das ist das zweite wichtige Gesetz, durch welches der Astronom in den Stand gesetzt wird, den Ort jedes Planeten in seiner Bahn für jede gegebene Zeit durch Rechnung zu bestimmen. Die Quadrate der Umlaufszeiten zweier Planeten verhalten sich wie die Kubikzahlen ihrer mittleren Entfernungen von der Sonne — das ist endlich das dritte Gesetz, durch welches eine Wechselbeziehung der einzelnen Planeten zu einander festgestellt und der auffallenden Thatsache ein Ausdruck gegeben wird, daß die Geschwindigkeiten der einzelnen Planeten in ihrer Bahnbewegung keineswegs gleich sind, sondern mit der Entfernung von dem Centralkörper verlangsamen. Sie wissen, von welcher Wichtigkeit dieses Gesetz für die Raumverhältnisse unseres Planetensystems geworden ist, da es dem Astronomen die Mittel gewährt, aus den leicht zu beobachtenden Umlaufszeiten der Planeten auf ihre Abstände von der Sonne zu schließen und diese endlich auf ein gemeinsames Maß, als das wir den Abstand der Erde von der Sonne kennen gelernt haben, zurückzuführen.

Kopernikus hatte die festen Krystallhimmel zertrümmert und die Welten hinausgeschleudert in den leeren Raum. Kepler hatte jetzt diesen Welten Gesetze gegeben. Aber die Kraft, welche die Welten trägt, welche sie in ihren Bahnen hält und mit ihren Centralkörpern verknüpft, war noch unbekannt; den Gesetzen Kepler's fehlte noch die Seele. Denn der Geist eines Gesetzes ist seine Allgemeinheit. Erst als der Ausfluß einer ewigen, Alles durchdringenden Kraft hat es seine sichere Gewähr. Newton war es, der den Gesetzen des Himmels das Siegel der Ewigkeit aufdrückte, der jener geheimnißvollen Urkraft, aus der sie geflossen, einen Namen gab, und indem er sie zu einem allgemeinen Weltgesetz erhob, Himmel und Erde mit einander erst wahrhaft verknüpfte. Es war 70 Jahre nach der Entdeckung der Kepler'schen Gesetze, als Newton sein Gravitationsgesetz aufstellte. Isaak Newton war geboren am 25. Dezember 1642 zu Woolsthorpe bei Grantham in Lincolnshire. Als Knabe zeigte er keine besondere Befähigung und nichts verrieth den großen Geist, dessen Name das Andenken an die berühmtesten politischen und militärischen Merkwürdigkeiten der ganzen Welt überdauern wird. Der Absicht seiner Mutter zufolge sollte er sich der Landwirthschaft widmen, aber dazu zeigte er wenig Lust. Die Bemühungen eines Verwandten setzten ihn endlich in den Stand, die Universität Cambridge zu beziehen, wo er vorzugsweise Mathematik studirte und schon vor 1665 auf die Prinzipien der höheren Analysis kam. In jenem Jahre brach in Cambridge die Pest aus und Newton verließ die Stadt, um sich nach seinem Geburtsorte zurückzuziehen. Hier begann er zuerst über die Ursache des Fallens der Körper nachzudenken und eine Kraft der allgemeinen Anziehung anzunehmen. Doch vermochte er auf dem Wege der Rechnung deren Existenz nicht nachzuweisen, weil er nicht die richtigen Maßverhältnisse der Erde kannte. Im Jahre 1669 wurde Newton Professor der Mathematik zu Cambridge und veröffentlichte zwei Jahre später seine Untersuchungen über das Sonnenlicht. Erst 1682 nahm er seine früheren Rechnungen über die Anziehung wieder auf, da inzwischen durch Picard die Größe der Erde ziemlich genau bekannt geworden war. Fünf Jahre später erschien sein unsterbliches Werk: „Philosophiae naturalis principia mathematica“, ein Buch, das damals nur von Einzelnen verstanden werden konnte und welches die Grundzüge der modernen Astronomie, gestützt auf das Gesetz der Anziehung, enthält. Newton starb am 31. März 1727, und mit



Das Kopernikanische Weltsystem.

Recht sagt seine Grabschrift: „Die Sterblichen mögen sich Glück wünschen, daß eine solche Zierde des menschlichen Geschlechtes gelebt hat.“ Gehen wir nun auf das Newton'sche Gravitationsgesetz näher ein. Jeder Körper, lautet dieses Gesetz, übt auf jeden anderen eine anziehende Kraft aus, deren Größe sich direkt verhält wie die Masse des anziehenden Körpers und umgekehrt wie das Quadrat seines Abstandes. Die Planeten fallen zur Sonne gleich dem fallenden Stein oder dem schwebenden Pendel, von derselben Schwere gezogen. Das gleiche Gesetz leitet den geworfenen Stein zur Erde, wie den kreisenden Planeten um die Sonne: das ist der bedeutungsvolle Sinn dieses einfachen Gesetzes, das dem Astronomen gleichsam den Himmelsschlüssel überliefert und ihm das Recht gegeben hat, seine irdische Wissenschaft in die endlosen Tiefen des Raumes hinauszutragen. Die Fremde beginnt erst, wo dies Gesetz seine Kraft verliert.

Kein Gesetz hat je so gewaltige Umwälzungen hervorgerufen und doch eine solche Sicherheit der Verhältnisse geschaffen, als das Gravitationsgesetz Newton's. Kopernikus hatte doch nur die Erde aus ihrer Ruhe gestört, Newton hat auch die gewaltige Sonne entthront. Sie ist seitdem nicht mehr die schrankenlose Herrscherin, welche gleichsam an Fäden die untergeordneten Welten um sich herumführt. Auch die Sonne ist dem gemeinsamen Gesetz unterworfen, auch sie wird gezogen; denn alle Anziehung ist gegenseitig. Nicht die Sonne ist es, sondern nur der gemeinsame Schwerpunkt, um den die Körper des Systems kreisen. Allerdings ist die Masse der Sonne eine so überwiegende, gegenüber der Gesammtmasse der planetarischen Körper, daß sie mit diesem Schwerpunkt nahe zusammenfällt. Aber immerhin wird sie nur dadurch Herrscherin ihres Systems, daß sie diesen Schwerpunkt in sich trägt. Ja sie trägt ihn nicht einmal immer in sich; zuweilen liegt er sogar außerhalb des Sonnenkörpers, und wie jeder Planet, beschreibt der Mittelpunkt der Sonne eine kleine elliptische Bahn um diesen Schwerpunkt, die gleichsam ein verkleinertes Abbild der großen Ellipsen ist, in denen die Planeten die Sonne umkreisen.

Aber ich sagte, auch die Sicherheit unser planetarischen Ordnung sei durch jenes Gesetz erhöht worden. Und in der That, gerade die scheinbaren Abweichungen von der allgemeinen Erscheinungsform, gerade die sogenannten Störungen sind die sichersten Zeugnisse der Gesetzlichkeit geworden. Welch ein Gegensatz gegen die Wissenschaft des Alterthums! Dort eine zum Erschrecken anwachsende Verwicklung der Theorie, hier eine Einfachheit, welche selbst die wirkliche Verwicklung der Erscheinungen harmonisch auflöst. Da die Anziehung sämmtlicher Weltkörper eine gegenseitige ist, so ist auch kein einziger Körper unseres Sonnensystems den Wirkungen der Sonne allein ausgesetzt. Alle Planeten, ja alle Weltkörper unseres Systems wirken zugleich nach Maßgabe ihrer Masse und Entfernung wechselseitig auf einander ein, und diese Einwirkungen bringen in dem Laufe der Himmelskörper, in der Gestalt, Größe und Lage der Bahnen Ungleichheiten und Veränderungen hervor, die nicht immer ganz unerheblich sind. Man bezeichnet diese Veränderungen mit dem Namen von Störungen, — nicht als ob hier an wirkliche Störungen in der Ordnung der Natur, an ein Heraustreten der Erscheinungen aus dem Bann des Gesetzes zu denken wäre — es sind nur Störungen in der Bequemlichkeit der Rechnung, Einmischungen kleiner Wirkungen in die einfachen

großen Verhältnisse, die zwischen einem Centralkörper und seinen Trabanten bestehen. Sind einmal die wirkenden Kräfte gegen einander abgewogen und die Gesetze ihres Wirkens festgestellt, so fallen auch die sogenannten Störungen in den Bereich der Rechnung, und die scheinbare Verwirrung gestaltet sich zu harmonischer Ordnung. So ist es einem Laplace möglich geworden, eine Mechanik des Himmels zu schaffen, und Männer wie Bessel, Gauß, Leverrier, haben dieser Wissenschaft eine Ausdehnung und eine Schärfe und Bestimmtheit gegeben, daß es nicht mehr Erstaunen erregen darf, wenn der heutige Astronom die Oerter angiebt, welche die Planeten vor Jahrtausenden eingenommen haben, oder die Zeiten verkündigt, in welchen sie nach Jahrhunderten eine gewisse Stellung einnehmen werden.

Ich habe schon einmal zu Ihnen von diesen Störungen gesprochen und Sie darauf aufmerksam gemacht, daß sich im Wesentlichen zwei Arten von Störungen unterscheiden lassen, die einen, welche sich auf die Oerter eines Planeten in seiner Bahn, die andern, die sich auf die ganze Bahn überhaupt beziehen. Man bezeichnet jene als periodische Störungen, weil sie innerhalb verhältnißmäßig kurzer Zeiträume eingeschlossen sind, diese als säkulare, weil sie die ganzen Bahnen der Planeten nur sehr langsam und meist nach Jahrhunderten ändern.

Die periodischen Störungen hängen natürlich von den jeweiligen Standorten ab, welche die Planeten in ihrer Bahn einnehmen, und kehren wieder, so oft die Planeten in dieselbe Stellung gegen einander zurückkehren. Die Aenderungen, welche dadurch im Laufe der Planeten hervorgebracht werden, sind zwar im Allgemeinen nur klein, aber sehr manchfaltiger Art. Bald wird eine elliptische Bahn mehr gekrümmt oder mehr in die Länge gezogen; bald wird die Bewegung eines Planeten beschleunigt, bald gehemmt; bald wird er näher zur Sonne gezogen, bald von ihr abgelenkt, und selbst die Ebene seiner Bahn geräth ins Wanken. Dazu kommt noch die Verrückung, welche die Lage der Erdbahn selbst oder die Stellung der Erde in ihr durch den Einfluß der andern Planeten erleidet, und welche wieder eine Rückwirkung auf die scheinbaren Oerter der Planeten ausübt. Die Größe dieser störenden Wirkungen ist abhängig von der Entfernung. Die äußersten Körper unseres Systems vermögen nur einen unmerklichen Einfluß auf die der Sonne benachbarten Planeten zu äußern, und die Wirkung der sonnennahen Planeten verschmilzt wieder mit der übermächtigen Einwirkung der Sonne. Die größten Störungen im ganzen System gehen darum vom Jupiter aus, schon deshalb, weil seine Bahn in die Mitte zwischen die übrigen Planetenbahnen gelegt ist, aber noch mehr seiner überwiegenden Masse wegen. Ja diese Störungen würden sogar eine dem Bestehen des Ganzen gefährliche Höhe erreichen können, wenn ihnen nicht als Gegengewicht die Einflüsse des Saturn entgegengesetzt wären. Der Saturn, dem Jupiter an Masse fast gleich, hat eine so eigenthümliche Stellung im Systeme, daß er niemals seine Kraft mit der des Jupiter vereinigen kann, daß er ihm vielmehr stets mehr oder minder entgegenwirkt und seine Störungen um fast $^{19}/_{20}$ ihres Werthes verringert.

Um so bedeutender werden Sie sich die gegenseitigen Einwirkungen dieser beiden in so unmittelbare Nachbarschaft zu einander gestellten Riesenwelten unseres Systems vorstellen, und in der That sind ihre Störungen eine Zeit lang

die Quelle sehr ernster Besorgnisse gewesen. Schon zu Anfang des 17. Jahrhunderts hatte man die Bemerkung gemacht, daß die Bahn des Jupiter sich beständig erweitere, daß dieser Planet sich in einer Art von Spiralbewegung um die Sonne immer weiter von ihr entferne und dabei immer langsamer fortschreite. Ganz das Gegentheil beobachtete man am Saturn; seine Bahn schien sich zu verengern, seine Geschwindigkeit zu vergrößern. Fand sich keine Grenze für diese räthselhafte Bewegung, so mußte sie zu einer Annäherung, endlich zu einem Zusammenstoß beider Planeten führen. Laplace löste dies Bedenken erregende Räthsel. Er zeigte durch die Rechnung, daß die gegenseitige Annäherung beider Weltkörper nur eine periodische sei und schon nach anderthalb Jahrhunderten in das Gegentheil umschlagen werde, daß die ganze Periode dieser seltsamen Störung nahe an 900 Jahre dauere, und daß das Anwachsen der Exzentricität der einen Bahn immer gleichzeitig mit der Verminderung der Exzentricität der andern vor sich gehe, aber auch gleichzeitig eine Grenze finde.

In weit größeren Perioden noch bewegen sich die sekularen Störungen, welche die Bahnen der Planeten, namentlich die Neigungswinkel und die Durchschnittspunkte der Bahnebenen, die Lage der Perihelien und Aphelien und sogar die Excentricität der Bahn betreffen. Ich habe Sie bereits auf einige der wichtigsten dieser Störungen aufmerksam gemacht, auf das Vorrücken der Nachtgleichen, das Fortrücken der Perihelien in der Bahn, die periodischen Aenderungen in der Schiefe der Ekliptik. Das Vorrücken der Nachtgleichen, durch welches, wie Sie wissen, selbst unsere Himmelspole verschoben werden, vollendet sich in einer Periode von 25,600 Jahren, die man gewöhnlich als das große oder platonische Weltjahr bezeichnet. Das Perihelium unserer Erdbahn gebraucht, um die ganze Bahn zu durchlaufen, eine Zeit von mehr als 100,000 Jahren, und bei weiter entfernten Planeten umfaßt die Periode dieser Bewegung noch ungleich längere Zeiträume. Die Periode, in welcher sich die Ab- und Zunahme der Schiefe der Ekliptik vollzieht, beträgt bei unserer Erde 990,000 Jahre. Nur die Nutation oder das Wanken der Erdaxe, eine dem Vorrücken der Nachtgleichen ähnliche, aber vom Monde allein bewirkte Erscheinung, vollendet ihren Kreislauf in der kurzen Periode von 18 Jahren 219 Tagen.

Von allen Bahnelementen eines Planeten bleibt ein einziges unberührt von störenden Einflüssen: die große Axe seiner Bahn oder seine mittlere Entfernung von der Sonne und, was damit innig zusammenhängt, die Umlaufszeit des Planeten. Dieser Umstand ist von der höchsten Wichtigkeit für die Stabilität unsers Systems. Die Mechanik weist nach, daß eine Aenderung, welche die große Axe einer Bahn erlitte, wenn sie ursprünglich auch noch so unbedeutend wäre, doch dadurch gefährlich werden müßte, daß sie niemals zwischen bestimmten, unabänderlichen Grenzen ab- und zunehmen könnte, sondern stetig in gleichem Sinne fortschreiten und so mit der Zeit sich anhäufen würde. Die Folge einer solchen Aenderung wäre also unentrinnbares Verderben. Der Planet würde sich entweder fort und fort der Sonne nähern, oder stets weiter von ihr entfernen, also entweder unaufhaltsam in die Sonne stürzen oder sich in den endlosen Raum verlieren. Dem französischen Mathematiker Lagrange gebührt das Verdienst, diese Besorgniß für immer entfernt zu haben. Ich kann Ihnen mit

wenigen Worten das wichtige Resultat seiner Forschung bezeichnen. So oft man in die Gleichung, welche der allgemeine Ausdruck der Sekularstörungen ist, denen die große Axe irgend einer Planetenbahn unterliegt, diejenigen Zahlen einsetzt, welche den einzelnen Planeten entsprechen, so heben sich stets sämmtliche Glieder der Gleichung auf. Mit andern Worten: die große Axe einer Planetenbahn erleidet durch den Einfluß der übrigen Planeten nicht die geringste Aenderung, sie ist unter allen Elementen das einzige unveränderliche.

Das „Problem der drei Körper", d. h. der Bestimmung des Laufes eines Weltkörpers unter dem Einflusse seines Centralkörpers und eines dritten störenden Körpers, gehört zu den schwierigsten, aber wichtigsten der neuern Astronomie. In seiner Allgemeinheit hat es seine Lösung noch nicht gefunden. Für unser Sonnensystem bedarf es einer strengen Lösung nicht, da die Anziehungen der Planetenmassen zu gering sind gegenüber der gewaltigen Sonnenmasse, um bedeutende Wirkungen hervorzubringen. Wie weit aber gleichwol die Macht der Rechnungen reicht, das hat Leverrier's Entdeckung bewiesen. Trotz aller Unvollkommenheit der Theorie, trotz aller Kleinheit der Veränderungen ward hier aus den Störungen ein Schluß gezogen auf den störenden Körper, ward durch die Störungen ein unbekannter Weltkörper ans Licht gefördert.

Aber es war noch ein besonderer Gedanke, welcher bei der Lösung dieses Problems die meisten Astronomen beschäftigte, die Wiederherstellung der durch die Störungen anscheinend gefährdeten Sicherheit unseres Systems. Eine Abweichung der Planeten von den geregelten Bahnen konnte, wenn sie im Laufe der Jahrtausende anwuchs, die Dauer unserer Weltordnung in Frage stellen. Aber bisher ist keine Störung aufgefunden worden, die beträchtlich genug wäre, Besorgniß zu erregen, keine, die sich nicht im Laufe der Zeit selbst vernichtete. Die Ursache davon liegt außer in dem gewaltigen Uebergewicht der Sonnenmasse, wie der Masse jedes Centralkörpers in unserm System überhaupt, über die Massen der Planeten oder Trabanten, in eigenthümlichen, zum Theil noch nicht hinlänglich erkannten oder doch begründeten Umständen. Einer der wichtigsten unter diesen ist die Thatsache, daß die Umlaufszeiten sämmtlicher Planetenbahnen unter sich inkommensurabel sind, d. h. daß sie niemals genau im Verhältniß ganzer Zahlen zu einander stehen. Hierin liegt die wesentliche Bedingung für den periodischen Charakter sämmtlicher Störungen. Gäbe es Planeten mit Umlaufszeiten, die sich wie ganze Zahlen verhielten, so wäre eine endlose Anhäufung der Störungen und eine endliche Vernichtung der bestehenden Ordnung die Folge. Ein anderer Umstand, der allerdings als ein ziemlich zufälliger erscheint, aber gleichwol einen nicht unwesentlichen Antheil an der Stabilität des Ganzen haben dürfte, ist der, daß die größte Excentrizität der Bahnen meist mit den kleinsten Massen der Weltkörper zusammentrifft. Den Beweis dafür liefert der Merkur, noch auffallender die Schar der Planetoiden. Dieser Umstand wird von besonderer Bedeutung bei den Kometen. Besäßen diese Massen wie unsere Planeten, so würden sie, zumal sie in so großer Zahl die Sonne nach allen Richtungen umschwärmen, bei dem gewaltigen Kontraste ihrer Abstände unfehlbar Störungen von so bedeutender Größe veranlassen, daß sie die Ordnung des Ganzen auflösen müßten. Aber gerade die Kometen sind so massenarm, daß

sie nur Störungen erleiden, nicht ausüben können. Bewegte sich der größte unserer Planeten, der Jupiter auch nur in einer Bahn, die so excentrisch wäre wie etwa die Pallasbahn, so würde seine gewaltige Anziehung hinreichen, die Erde aus ihrer Bahn zu reißen. Aber gerade die gefährlichen Riesenplaneten besitzen die kreisähnlichsten aller Bahnen.

So können Sie also den Bestand unseres Planetensystems unbedenklich für gesichert halten und brauchen wenigstens von dem Gesetze, das die Welten führt, keine Gefahr eines Umsturzes der Dinge besorgen.

Aber Niemand kann seinen Blick in die Zukunft richten, ohne auch rückwärts zu schauen in die Vergangenheit. Sie haben die Verfassung dieses großen Weltreiches kennen gelernt, Sie werden nun auch begierig sein, seine Geschichte zu hören. Sie haben die Einheit und den innern Zusammenhang des Ganzen durch das Gesetz verbürgt gefunden, Sie werden diese Einheit nun auch völlig gesichert und aufgeklärt wissen wollen durch eine Gemeinsamkeit des historischen Ursprunges. Aber eine Geschichte unseres Planetensystems — in welche unendliche Vorzeit führt sie Ihre Gedanken zurück! Die Thatsachen schwinden, denn keine Wissenschaft legt Zeugniß dafür ab. Nur die Ahnung sucht das Dunkel zu durchdringen. In den bestehenden Verhältnissen des Weltgebäudes sucht sie die Keime des Werdens zu ergründen. Es ist ein angeborener Drang des Menschen, dem Ursprunge der Dinge nachzuforschen, und in mehr als hundert Systemen hat sich dieser Drang bereits Luft gemacht. Aber Sie werden die Bedeutung dieser Systeme nicht mit denen verwechseln, die ihren Zweck in der Verkettung thatsächlich bestehender Verhältnisse haben. Keines dieser Systeme hat darum zu einem wirklichen Fortschritte in der Astronomie geführt, keines hat eine eigentlich wissenschaftliche Bedeutung erlangt.

Unter allen Theorien über die Entstehung unseres Planetensystems verdient diejenige ohne Zweifel die meiste Beachtung, welche dem größten Philosophen des vorigen Jahrhunderts und dem unsterblichen Schöpfer der Mechanik des Himmels, nämlich Kant und Laplace, ihren Ursprung verdankt. Sie verdient diesen Vorzug schon darum, weil sie sich auf thatsächliche Verhältnisse der Planetenordnung stützt. Es wird Ihnen nicht entgangen sein, daß in unserer planetarischen Welt Thatsachen bestehen, die ebenso, wie auf eine Gemeinsamkeit des Gesetzes, auch auf eine Gemeinsamkeit des Ursprunges hindeuten. Alle Planeten unseres Systems bewegen sich um die Sonne von Westen nach Osten, alle Trabanten umkreisen ihren Hauptplaneten von Westen nach Osten, alle Rotation der Planeten um ihre Axe geschieht in derselben Richtung. Die Bahnen aller Planeten sind nahezu kreisförmig, ihre Neigungen gegen die Ebene der Ekliptik oder vielmehr des Sonnenäquators sind außerordentlich klein. Zu diesen Verhältnissen, die auf eine sämmtliche Planeten umfassende gemeinsame Urkraft hindeuten, kommt eine andere Thatsache, die einen Schluß auf ihren ursprünglichen Zustand gestattet. Bei allen Planeten haben wir, so weit es möglich war, eine Abplattung erkannt, die offenbar als eine Folge des Umschwunges auf einen ursprünglich flüssigen, vielleicht sogar gasförmigen Zustand dieser Weltkörper hinweist.

Stellen Sie sich jetzt nach der Laplace'schen Theorie den Urzustand unseres Planetensystems als ein großes, unentwickeltes, formloses Chaos vor. Sonne

und Planeten bilden einen großen zusammenhangenden Gasball in einer Form, wie sie jede sich selbst überlassene Flüssigkeit annimmt, der Form des Tropfens. Alles Flüssige nämlich strebt die Kugelform anzunehmen; denn in ihr wirkt die Kraft des Zusammenhanges mit gleicher Stärke nach allen Richtungen, strebt jedes Theilchen nach allen Seiten hin sich mit allen übrigen zu verbinden, so daß so wenig Punkte als möglich entblößt werden, die Oberfläche also die möglichst kleinste wird. Hätte nun jene Gasmasse, vollkommen sich selbst überlassen, von keiner außer ihr liegenden Kraft gehindert, ihrer Naturneigung nachzugeben, im freien Weltraume geschwebt, so würde sie eine vollkommen genaue Kugel gebildet haben. Aber in dieses Chaos mußte Bewegung kommen, wenn es sich gestalten, wenn es Welten gebären sollte. Eine solche Bewegung wird durch jene ferne Anziehungskraft gegeben, der noch heute, wie Sie sehen werden, unser Sonnensystem durch die Räume des Himmels folgt. Dadurch wich natürlich die Form der Flüssigkeit von der Kugelgestalt ab; denn ihre Theile wurden nach der einen Seite hin stärker angezogen, die innere Kraft des Zusammenhanges ward nach dieser Richtung hin geschwächt. So entstand die Form des fallenden Tropfens, das Weltenei, über welchem die Mythologie den Gottesgeist gleich einem riesigen Vogel brütend schweben läßt.

Aber noch zur Annahme einer zweiten Bewegung sind wir gezwungen, wenn aus jenem Gasballe die Gestalten unseres Sonnensystems hervorgehen sollen. Es ist eine Umdrehung des Gasballes um sich selbst, deren Ueberrest wir noch in der Rotation unserer Sonne und in dem Kreislaufe der Planeten um die Sonne zu sehen haben. Bewegte sich aber jenes Weltenei um eine Axe, so mußte sofort jene zweite Abweichung von der Kugelform eintreten, die wir bei allen rotirenden Körpern unseres Sonnensystems bemerkt haben, die Abplattung an den Polen. Formen Sie sich eine Kugel aus weichem Thon und setzen Sie dieselbe auf einer Drehbank in Umschwung, so wird sie sich in der Richtung der Axe zusammenziehen, in der Richtung senkrecht auf die Axe aber mehr und mehr ausdehnen, je mehr die Schnelligkeit des Umschwunges zunimmt. Ist dann endlich diese Schwungkraft so weit angewachsen, daß sie die Kraft des Zusammhanges der einzelnen Theilchen überwiegt, so werden diese zerreißen und auseinander fliegen. Das mußte auch das Schicksal jenes chaotischen Gasballes unseres Sonnensystems sein. Ueberstieg auch hier endlich die Schwungkraft, welche jeden Punkt so weit als möglich von dem Schwerpunkte der ganzen Masse zu entfernen strebte, die Kraft des inneren Zusammenhanges, so mußte der Gasball zerreißen. Dieses Wachsen der Schwungkraft wurde aber nothwendig herbeigeführt durch die allmähliche Zusammenziehung und Verdichtung des sich drehenden Körpers. Mit der abnehmenden Wärme mußte auch die Ausdehnung jenes Gasballes sich vermindern, seine Masse sich verdichten. Während also einerseits die entlegeneren Theile tiefer nach dem Mittelpunkte des Gasballes herabsanken, wuchs andererseits die Geschwindigkeit der Drehung, nahm die linsenförmige Abplattung des Ganzen zu. Die Folge dieser gleichzeitigen, einander entgegengesetzten Veränderungen, der Ausdehnung durch den Umschwung einerseits und der Zusammenziehung durch das Erkalten andererseits, war eine Trennung der äußersten Gasschicht von der innern Masse. Diese losgerissene Gasschicht konnte aber nicht

die Form einer hohlen, den zurückgebliebenen Gaskörper wie eine Schale umschließenden Linse behalten, sondern mußte nothwendig die Form eines Ringes annehmen; denn nur um die Mitte, um den Aequator der Gaskugel herum hatte die Schwungkraft eine so große Gewalt erreicht, daß sie den innern Zusammenhang überwältigte. Der schmale Gasring aber hatte zugleich von dem ursprünglichen Ganzen her eine ungeheure Schleuderkraft überkommen, die seine verhältnißmäßig geringe Zusammenhangskraft leicht überwog. Er mußte also wieder zerreißen und um so leichter, als er infolge jener fremden, von der Ferne des Weltraums ausgehenden Anziehung nicht genau die Form eines Kreises behaupten konnte, seine Theile also sich in verschiedener Spannung befinden mußten.

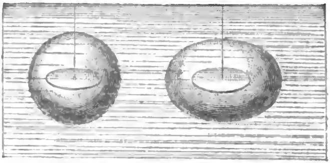


Bildung des Planetensystems.

Da wo die Spannung am größten, trat der Riß ein. Befreit von der zusammenhaltenden Kraft der benachbarten Theile, folgte der zerrissene Ring nur der Schleuderkraft. Aber die unteren Schichten des Ringes haben nicht die gleiche Geschwindigkeit der oberen, sie halten die voraneilenden auf, die folgenden Theile drängen nach und der Ringstreifen krümmt sich einwärts, rollt sich gleich einem Faden zu einem Knäuel auf. So entstand ein neuer, um sich selbst rollender Gasball, der dann in einer dem früheren Ringe ähnlichen Bahn seinen Umlauf um den Centralkörper fortsetzte.

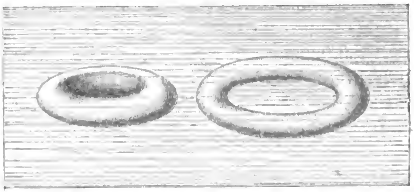
Natürlich konnten sich solche Ringabsonderungen bei zunehmender Verdichtung und Schnelligkeit der Drehung mehrmals wiederholen, bis sich die große Linse endlich wieder so weit der Kugelgestalt genähert und einen solchen Grad inneren Zusammenhanges erreicht hatte, daß ihre Schwungkraft denselben nicht mehr zu überwältigen vermochte. Auch konnte ein solcher Gasring in mehrere

Stücke zerreißen, sich nicht blos zu einem Knäuel aufwickeln, und es entstand dann ein System mehrerer, in verschlungenen Bahnen um die Sonne kreisender Körper, wofür die kleine Planetoidenschaar zwischen Mars und Jupiter ein Beispiel darbieten würde. Endlich konnte ein solcher Ring wol gar in zahllose Stücke zersplittern, die dennoch gewisse Beziehungen zu einander bewahren und sich zu Schwärmen schaaren mußten. Damit wäre die Erscheinung unserer Aërolithenschwärme erklärt. Auch in manchem der neu entstandenen Gasplaneten konnte sich jener Vorgang erneuern. Neue Ringe konnten sich von ihnen absondern, die dann entweder zerrissen und Monde oder Trabanten bildeten, oder fester zusammenhielten, späterhin erkalteten und als dauernde Ringe um ihren Hauptplaneten kreisten. Allerdings konnte ein solcher Ring immer nur eine Seltenheit bleiben, da er eine Regelmäßigkeit in dem Prozesse der Erkaltung und Erstarrung voraussetzt, wie sie gewiß nicht oft eintrat. Es wäre damit wol begreiflich, daß die Natur uns bisher nur ein einziges Beispiel solcher Wundergestaltung in unserm Planetensystem gezeigt hat, das Ringsystem des Saturn.



Das Plateausche Experiment zum Erweise der Abplattung eines flüssigen Körpers.

Sie sehen, daß sich die Entstehung der planetarischen Welten unseres Systems recht gut aus dieser Laplace'schen Hypothese erklären läßt. Auch steht sie im Allgemeinen wol in Uebereinstimmung mit den Grundsätzen der Mechanik. Ja es ist sogar dem französischen Physiker Plateau gelungen, im Kleinen die einzelnen Erscheinungen dieser Planetenbildung an einer Oelkugel, die in einer Mischung von Wasser und Weingeist in eine schnelle Umdrehung versetzt ward, nachzuahmen. Gleichwol ließen sich einzelne Einwürfe gegen diese Hypothese erheben, die ihre Uebereinstimmung mit der Wirklichkeit in Frage zu stellen schienen. Ich will dahin nicht einmal den Umstand rechnen, daß sie gewisser Voraussetzungen, der willkürlichen Annahme einer Bewegung, eines Anstoßes bedarf. Es giebt einmal kein voraussetzungsloses Denken, und der ersten Bewegung in einer räumlich und zeitlich unendlichen Welt nachzuforschen geht über die Befugniß selbst philosophischen Denkens. Ganz anders war es mit den Thatsachen, die der Wirklichkeit entlehnt sind, denn hier sah man sich schließlich zu der Annahme gewisser Voraussetzungen genöthigt, welche in der Theorie selbst sich nicht unmittelbar gegeben finden. Mit den Größen- und Dichtigkeitsverschiedenheiten der Planeten konnte man noch allenfalls zurecht



Umformung der flüssigen Masse in einen Ring beim Plateau'schen Experiment.

kommen. Im Allgemeinen mußten die ersten Ringbildungen beträchtlicher sein und größere Planeten hervorbringen, da die entstehenden Kugeln ja einen viel umfangreicheren Ringstreifen aufzurollen hatten. Zugleich waren auch die obersten Schichten des Gasballes die am wenigsten dichten, und die Massen des Uranus und Neptun konnten daher wol vom Jupiter übertroffen werden. Daß der Sonnenkörper selbst nicht dichter ist, als der nächste Planet, der Merkur, würde auch noch nicht durchaus dem Sinne der Hypothese widerstreiten. Die Sonne ist ja der um einen Kern verdichtete Ueberrest jenes großen Gasballes, während der Merkur die in einen kleinen Raum zusammengerollte Masse eines ganzen Ringes ist, der einst einen Gürtel der weit ausgedehnten Sonnenkugel bildete. Die größte Schwierigkeit dagegen boten lange Zeit hindurch die Kometen dar; allein nach den neueren Untersuchungen von Schiaparelli fügen sie sich ebenfalls dem Systeme ein. Ihre Stellung wird freilich dabei eine etwas andere, als man früher glaubte. Nach Schiaparelli sind sie mit unserer Sonne verwandt und gleichen Ursprunges; sie entstanden lange vor Bildung der planetarischen Welt aus dem großen Nebelballe, der die gemeinsame Mutter des Sonnensystems und möglicher Weise auch noch anderer Körper ist.

Sie sehen, in welches Reich wir gerathen sind. Es ist gut, daß es an den Grenzen unserer Weltordnung geschehen ist, wo ein Blick auf ihre Gesetze, auf die Macht und Bestimmtheit der Zahlen, durch die sie beherrscht wird, uns der Gegenwart wiedergiebt. Lassen Sie die Vergangenheit hinter sich; die Nebel der Phantasie erfüllen sie mit neckenden Gestalten! Halten Sie sich an die Gegenwart und das Bestehende! Das rufe ich Ihnen zu in dem Augenblicke, wo Sie hinausschweifen sollen in eine unbekannte endlose Fremde!

Die Heimat liegt hinter uns, die Sternenwelt öffnet sich. Neue, wunderbare Erscheinungen erwarten uns, aber nicht neue Gesetze! Die Urkraft, welche die Welten unseres Planetensystems in Bewegung setzte, wir haben sie erkannt als eine heimische, als gleichen Wesens mit der Kraft, welche den fallenden Stein zur Erde zieht. Die Gesetze, nach welchen die festen Welten unseres Systems ihre Bahnen durchrollen, nach welchen sie gegenseitig eingreifen in ihren Lauf, es sind dieselben wohlbekannten Gesetze, welche die Mechanik aus irdischen Erscheinungen geschöpft hat. So wird ein Band uns hinübergeleiten auch in die fernsten Tiefen des Himmelsraumes, und wo der letzte Lichtstrahl der Heimat uns entschwindet, wird das Gesetz uns geistig mit ihr verknüpfen!

Drittes Buch.

Die Fixstern- und Nebelwelt.



Anblick eines Theiles des Sternenhimmels der südlichen Erd-Halbkugel. (Das südliche Kreuz.)

Erstes Kapitel.

Eine Sternennacht.

> Da soll nun Stern zum Sterne deutend winken,
> Ob dieses oder jenes wohlgethan;
> Dem Irrthum leuchten zur verworr'nen Bahn
> Gestirne falsch, die noch so herrlich blinken.

Kein Mondlicht, kein Schimmer einer Dämmerung, selbst kein Wölkchen trübt das reine, sammtartige Dunkel des Himmelsgewölbes. Eine prachtvolle Sternlandschaft breitet sich über uns an diesem dunklen Grunde aus. Die Milchstraße fließt wie ein silberner Strom mitten durch diese Landschaft, und in ihr glänzen die Sternbilder des Antinous, des Schwanes, der Kassiopeja, des Perseus und des Fuhrmannes. Tief in Südwesten funkelt der Fomalhaut des südlichen Fisches, weiter im Süden strahlen die Sterne des Walfisches und weiter hinauf die der Andromeda. Den westlichen Himmel schmücken der Adler und der Pegasus, den östlichen die schönste Zierde des Himmels, der Orion. Im Norden glänzen unter den Sternbildern der beiden Bären die Leier mit der strahlenden Wega, Herkules und die nördliche Krone. Solche Nächte mußten es sein, die in den Alten jene unnennbare Sehnsucht zum Himmel erweckten; denn der Fixsternhimmel in der Fülle seiner funkelnden Welten ist es noch heute, der in dem Kinde die erste und mächtigste sinnliche Anregung, die tiefste und nachhaltigste Bewunderung weckt.

Es geht dem Menschen, diesem Sternhimmel gegenüber, wie dem einsamen Bewohner eines engen, rings von Felswänden umschlossenen Thales, wenn ein Windstoß einmal fremde Blumen oder die Erzeugnisse einer unbekannten Kultur

in sein Thal hinabwirbelt und ihn hinauslockt in das fremdartige Treiben des Jenseits. So rieselt ein Schauer von Licht aus den fernen Himmelsräumen auf den Erdenbewohner herab, und es dringt die Kunde unbekannter Welten zu ihm. Da ergreift ihn ein mächtiges Sehnen nach jener Ferne, und überall, wo an der Grenze beschränkten Wissens wie von einem Inselufer aus der Blick in die Weite schweift, giebt die Sehnsucht und der Glaube an das Wunderbare und Ungewöhnliche den luftigen Schöpfungen der Phantasie bestimmte Umrisse und verschmilzt sie unmerklich mit den Formen der Wirklichkeit. In der Geschichte der Wissenschaften bezeichnet man diese Zeit der Trugbilder als die mythische Periode, und in keiner Wissenschaft hat diese länger gewährt als in der Astronomie, wo sie noch in die letzten Jahrhunderte hineinreicht.

Wir haben den Fixsternhimmel in seiner ganzen Festigkeit und Unwandelbarkeit kennen gelernt, haben sogar die wahren Fixsternörter von den kleinen Schwankungen, in denen sich der Lauf der Erde mit all' seinen kleinen Störungen am Himmel abspiegelt, zu befreien gelernt; Sie haben sich vollends in den letzten Ausflügen gewöhnt, die Fixsterne als feste Marksteine für die Bewegungen der Planeten und Kometen zu betrachten, und gesehen, wie die Verschiebung eines solchen vermeintlichen Marksteines wiederholt zur Entdeckung von Planeten geführt hat. Ich habe Sie ferner bei Gelegenheit jener Vorbereitungen auf die außerordentliche Genauigkeit aufmerksam gemacht, welche die Bestimmung der Fixsternörter erfordert, und Ihnen gezeigt, daß die oberflächliche Gruppirung der Sterne in Sternbilder, wie sie uns aus alter Zeit überkommen, für eine wissenschaftliche Erforschung des Himmels nicht mehr ausreicht, daß an ihre Stelle ein künstliches Netz treten mußte, dessen unverschiebbare Maschen für alle Zeiten die Lage jedes Sternes und jede auch noch so kleine Veränderung, die sie erleiden möchte, bestimmen ließen. Jetzt muß ich Ihre Blicke auf die verschiedenen Helligkeitsverhältnisse der Fixsterne lenken, die vor Allem den entschiedensten Antheil an der Physiognomie der Himmelslandschaft haben und vor Allem geeignet sind, den Schein des Landschaftsbildes in Wirklichkeit und räumliche Tiefe zu verwandeln, da sie am ehesten den Schluß auf eine Verschiedenheit der Entfernungen gestatten.

Schon Hipparch hat den Versuch gemacht, Helligkeitsabstufungen oder Größenklassen der Fixsterne festzustellen. Er unterschied die für gewöhnlich sichtbaren Sterne in sechs Klassen. In neuerer Zeit hat man diese Eintheilung auch auf die teleskopischen Sterne ausgedehnt und unterscheidet im Allgemeinen 16 bis 20 solcher Größenklassen. Daß die Abgrenzung dieser Klassen gegeneinander bei den teleskopischen Sternen sehr unbestimmt ist, liegt in der Schwierigkeit feiner Lichtschätzungen überhaupt. Man darf sich nicht wundern, wenn ein Astronom noch Sterne zur 12.—13. Klasse zählt, die ein anderer bereits in die 15.—16. Klasse setzt. Auffallender ist die Unsicherheit in den ersten Helligkeitsklassen. Im Allgemeinen rechnet man gegenwärtig 17 Sterne des ganzen Himmels zur ersten Klasse. Es sind der Sirius im großen und der Procyon im kleinen Hunde, der Canopus und ein anderer Stern im Schiffe, die beiden Hauptsterne des Centauren, der Arktur im Bootes, Rigel und Beteigeuze im Orion, die Capella im Fuhrmann, die Wega in der Leier, der Acharnar im Eridanus, der Aldebaran

im Stier, der Hauptstern des Kreuzes, der Antares im Skorpion, der Altair im Adler und die Spica in der Jungfrau. Es ist aber durchaus nicht einzusehen, warum man nicht die schwächeren Sterne erster Größe in die zweite oder die hellsten Sterne zweiter Größe, wie den Fomalhaut im Fisch, den Pollux in den Zwillingen und den Regulus im Löwen, noch in die erste Klasse gesetzt hat. Die Unterschiede in der Helligkeit sind zwischen diesen Sternen keineswegs so groß, daß sie eine Scheidung rechtfertigten. Die Astronomen weichen darum auch bedeutend von einander ab. Ptolemäus und mit ihm das ganze Mittelalter zählt nur 15 Sterne erster Größe, Mädler zählt deren 18, Rümker sogar 20.

In den letzten anderthalb Jahrhunderten haben die Helligkeitsverhältnisse eine erhöhte Wichtigkeit bekommen. Man hat erkannt, daß Veränderungen am Himmel geschehen können, welche nicht die Oerter der Fixsterne, sondern ihre Lichtverhältnisse berühren, und es sind Ereignisse eingetreten, die in überraschender Weise gerade in dieser Beziehung die Wandelbarkeit des für fest gehaltenen Sternhimmels dargethan haben. So wie also die Sternbilder der Alten sich ungenügend gegenüber den neueren Forderungen für die Ortsbestimmung der Sterne erwiesen hatten, so gewährten auch die gleichfalls aus dem Alterthume überkommenen Größenklassen keine ausreichende Sicherheit mehr für die Erkenntniß der Lichtwandlungen der Sterne. Für die Sternbilder war ein Ersatz gefunden worden, für die Größenklassen suchte man einen ähnlichen in wirklichen Lichtmessungen. Die verschiedenartigsten Methoden und Mittel sind seitdem zu diesem Zwecke angewandt worden. Bald war es die Vergleichung der Sterne mit künstlichen, durch Reflex auf Glaskugeln gebildeten Sternen, bald wandte man Plangläser von verschiedener Dicke oder Farbe an, durch die man das Licht der Sterne gehen ließ. Dann suchte man wieder zwei Sterne durch zwei dicht nebeneinander gestellte Spiegelteleskope von völlig gleicher Beschaffenheit zu vergleichen, indem man durch vorgeschobene Pappringe von beliebigen Oeffnungen die von dem größeren Sterne eindringende Lichtmenge so weit zu verringern suchte, bis sie der des andern gleichkam. Andere verglichen zwei Sterne unmittelbar mit einander, indem sie dieselben mit Hülfe von Spiegeln in dem Gesichtsfelde desselben Teleskops neben einander betrachteten. Wieder Andere wandten Fernröhre mit getheilten Objektiven an, deren jede Hälfte das Sternlicht durch ein Prisma erhielt. Noch Andere benutzten zur Vergleichung das von einem Prisma reflektirte Bild des Mondes oder des Jupiter, das sie durch eine Linse in verschiedenen Entfernungen zu einem lichtvolleren oder lichtschwächeren Stern konzentrirten. Endlich mußten selbst die stufenweise abgeschwächten Farbenringe des polarisirten Bildes eines Sternes zur Lichtmessung dienen. Zuletzt hat Zöllner in seinem sinnreichen Astrophotometer, bei welchem der wirkliche Stern mit einem künstlichen verglichen wird, dessen Helligkeit (und Farbe) beliebig meßbar verändert werden kann, ein Instrument von bewundernswürdiger Genauigkeit geschaffen und bereits zahlreiche und wichtige Beobachtungen damit ausgeführt. Nichtsdestoweniger befindet sich im Großen und Ganzen unsere Lichtmessung doch noch in der Kindheit, und wir sind hier noch weit von jener Genauigkeit entfernt, mit welcher die Meßinstrumente des Astronomen über die Ortsveränderungen der Sterne zu entscheiden vermögen.

Trotz dieser Unzulänglichkeit der bisherigen Methoden haben diese Lichtmessungen doch bereits Manches in den Verhältnissen der Sternwelt aufgeklärt. Zunächst haben sie gezeigt, daß bei der Anwendung der gewöhnlichen Größenklassen dieselbe Bezeichnung die größten Verschiedenheiten umfaßt. Am auffallendsten ist dies in der ersten Klasse. Wenn man die Lichtmenge der Wega mit 1000 bezeichnet, so beträgt nach den Messungen von Ludwig Seidel die Lichtmenge von Sirius 4290, Rigel 993, Capella 819, Arktur 794, Procyon 700, Altair 490, Spica 486, Beteigeuze 359, Fomalhaut 340, Aldebaran 304, Antares 291. Nach John Herschel beträgt die mittlere Lichtmenge für die erste Klasse 500, für die zweite 172, für die dritte 86, für die vierte 51, für die fünfte 34 und für die sechste 25. Genauere Untersuchungen von Seidel, Zöllner und Rosén mittels des Photometers haben ergeben, daß die Sterngrößen, wie sie in den Bonner Sternkarten angegeben sind, sehr nahe so aufeinander folgen daß jede hellere Klasse nahezu 4mal so viel Licht hat, als die darauffolgende. Endlich ist von John Herschel auch der Versuch gemacht worden, ein Verhältniß zwischen der Intensität unserer gewöhnlichen Lichtquellen, des Sonnen- und Mondlichtes, und dem Lichte der Sterne herzustellen. Er fand den Vollmond 27,408mal heller als den Hauptstern des Centauren. Nach anderen Untersuchungen, die namentlich von Zöllner mit außerordentlicher Sorgfalt angestellt worden sind, übertrifft die Sonne den Vollmond 618,000 mal an Helligkeit. Das Licht, welches die Sonne uns zusendet, übertrifft also ungefähr 18,000,000,000 mal die Lichtmenge, welche wir vom Hauptsterne des Centauren empfangen. Es ist dieses Resultat, so unsicher es auch immer sein mag, keineswegs bedeutungslos, denn es gestattet uns einen Blick in die wirklichen Lichtverhältnisse dieser fernen Welten. Bringt man nämlich die wahrscheinliche Entfernung eines Sternes im Centauren, wie wir sie später kennen lernen werden, in Anschlag, so übersteigt die wahre Leuchtkraft jenes Sternes die unserer Sonne fast zwei Mal. Noch auffallender wird dieses Verhältniß beim Sirius. Zöllner hat nämlich die Helligkeit des Sirius 14,000 Millionen Mal schwächer gefunden, als die der Sonne. Bei der allerdings noch nicht sehr zuverlässigen Schätzung des Abstandes des Sirius würde diesem eine wirkliche Lichtstärke zukommen, die 88mal unser Sonnenlicht überträfe. Gestützt auf die Messungen von Zöllner ergiebt sich ferner, daß Wega unsere Sonne 11mal, Arktur 37mal, Capella sogar mehrere hundert Mal an Leuchtkraft übertrifft. Der Stern Nr. 61 im Schwan besitzt dagegen nur etwa den zweihundertsten Theil des Lichtes unserer Sonne, oder mit anderen Worten: Wenn unsere Erde diesen Stern in demselben Abstande umkreiste, wie sie gegenwärtig die Sonne umkreist, so würden wir nur $^1/_{200}$ des Lichtes empfangen, das uns heute zu Theil wird.

Die Helligkeitsverhältnisse der Fixsterne, ihre Zahl und Vertheilung am Himmel haben uns zuerst zu einer, wenn auch rohen, Anschauung von der räumlichen Ausdehnung der Fixsternwelt verholfen. Der kühne Gedanke, die Tiefen des Weltraumes zu durchmessen, ging zuerst von William Herschel aus, welcher annahm, daß ein Stern erster Größe, in die doppelte Entfernung versetzt, als ein Stern zweiter Größe erscheinen werde, daß in der vierfachen Entfernnng sein Glanz zur vierten Größe, in der achtfachen Entfernung zu fünfter oder sechster

Größe herabsinken werde, daß man ihn überhaupt 12mal so weit, als er sich gegenwärtig befinde, in den Raum hinausrücken könne, ehe er aufhören werde, dem bloßen Auge sichtbar zu sein.

Er versuchte nun diese Schlüsse auch auf die teleskopischen Sterne auszudehnen. Zu diesem Zwecke richtete er ein kleines Fernrohr, von dem er genau ermittelt hatte, daß es viermal so viel Licht als das bloße Auge aufnahm, auf den weißlichen Fleck im Degengriffe des Perseus. Das bloße Auge entdeckte hier keinen Stern mehr; es war also keiner vorhanden, der einem Sterne erster Größe in seiner zwölffachen Entfernung gleichkam. Das kleine Instrument aber ließ eine große Menge deutlicher Sterne erkennen. Da es nun doch wahrscheinlich war, daß sich unter diesen wenigstens einige befanden, die an wirklicher Leuchtkraft dem Arktur oder der Wega nicht nachstanden, so mußte er schließen, daß diese Sterne, um bei vervierfachter Helligkeit gerade noch sichtbar zu werden, doppelt so weit entfernt seien, als die letzten dem bloßen Auge sichtbaren Sterne, also 24mal so weit als die Sterne erster Größe. Ein zweites Fernrohr, das eine neunfache Lichtmenge in sich aufnahm, zeigte abermals Sterne, die man an dieser Stelle des Himmels im ersten Fernrohre nicht wahrgenommen hatte. Sie mußten also bei gleicher Helligkeit des Arktur und der Wega in der 36fachen Entfernung stehen. Herschel ging nun Schritt vor Schritt bis zum zehnfüßigen Teleskope fort und erkannte Sterne von einer Helligkeit, in welcher Sterne erster Größe erscheinen würden, wenn man sie 344 mal weiter als gegenwärtig hinausrücken könnte. Sein 20füßiges Teleskop erweiterte die Grenzen der Sichtbarkeit sogar auf das 900fache der Entfernung von Sternen erster Größe. Uebrigens blieb auch für dieses Instrument noch ein ungelöster Nebel übrig, so daß Herschel den hellen Fleck im Degengriffe des Perseus zu den unergründlich tiefen Punkten der Milchstraße rechnet.

Aber Herschel machte noch einen anderen sinnreichen Versuch, um in die Tiefen des Raumes vorzudringen. Er ging von der Annahme aus, daß alle Sterne den gleichen Glanz und die gleiche Entfernung von einander besitzen, daß also im gleichen Raume eine gleiche Sternenzahl enthalten sei. Richtete er nun ein Fernrohr nach verschiedenen Gegenden des Firmamentes, so mußte sich aus der Anzahl der jedesmal im Gesichtsfelde erscheinenden Sterne auf die Entfernung schließen lassen, in welche die Sterne nach jeder Richtung hinausgehen. Es mußte sich geradezu die Tiefe des sternerfüllten Raumes verhalten wie die Kubikwurzel der im Gesichtsfelde erscheinenden Sternenzahl. Herschel nannte sein Verfahren sehr bezeichnend ein „Sondiren" oder Aichen (Gaging the Heavens, stare gage) des sternerfüllten Raumes; in der That mißt die zu- und abnehmende Sternmenge die Tiefen der Sternschicht, wie das Senkblei die Tiefen des Meeres mißt. Bis auf 155 Sternweiten maß Herschel's Sonde in der einen, bis auf 820 Sternweiten in der anderen Richtung die Tiefen der Sternwelt, und er glaubte infolge dieser Sondirungen auf eine flache linsenförmige Gestalt derselben schließen zu müssen. Aber jenseits dieser Linse dehnten sich neue Räume aus, und neue Sterne glimmten in ihrem Dunkel, deren Tiefe er auf Tausende von Sternweiten schätzen zu müssen meinte.

Struve hat in neuerer Zeit auf anderem Wege diese Verhältnisse zu ergründen

gesucht. Er hat dabei Rücksicht genommen sowol auf die Zahl der Sterne der verschiedenen Größenklassen, wie auf die sichtliche Zunahme ihrer Häufigkeit gegen die Milchstraße hin. Sein Resultat weicht wesentlich von dem Herschel'schen ab, da er für die Sehkraft des bloßen Auges nur einen Raum von $7^3/_4$ Sternweiten erhält, während sie sich nach Herschel auf 12 Sternweiten erstrecken müßte. Struve zog daraus den Schluß, daß die Sterne dem Auge früher entschwinden, als sie es nach ihrer Entfernung und Leuchtkraft sollten, daß das Sternlicht also auf seinem Wege zu uns geschwächt wird, daß der Himmelsraum nicht völlig durchsichtig ist. Dieser Schluß wird schon durch die einfache Thatsache gerechtfertigt, daß wir trotz der unendlichen Zahl der Sterne nicht ein gleichmäßig erhelltes Himmelsgewölbe, sondern nur vereinzelte Lichtpunkte auf dunklem Grunde erblicken. In Folge der Schwächung (Extinktion) des Lichtes im Weltenraume vermag das Teleskop auch nicht so weit in dessen Tiefen einzudringen, als dies bei völliger Durchsichtigkeit der Himmelsräume der Fall sein würde. Nach den Berechnungen Struve's erstreckte sich die raumdurchdringende Kraft des großen 40füßigen Teleskops in Folge der Lichtabsorption nur bis zu ungefähr 370 Sternweiten, und Sternhaufen waren in Gestalt eines Nebels durch dasselbe höchstens noch in 800 Sternweiten Abstand sichtbar.

Wie man nun auch über den wissenschaftlichen Werth und die Zuverlässigkeit solcher immerhin auf halb wahre Voraussetzungen gegründeten Schlüsse urtheilen möge, sie gewähren wenigstens eine annähernde Anschauung von der räumlichen Ausdehnung der Sternwelt. Weiter zu gehen, neue Schlüsse darauf zu bauen, wäre bedenklich. Es läge vielleicht nicht ganz fern, aus den erhaltenen Aufschlüssen über die verschiedenen Entfernungen der Fixsterne auch die wirkliche Größe dieser Welten, wenn auch gleichfalls nur annähernd, bestimmen zu wollen. Allerdings zeigen die meisten Fixsterne sowol dem bloßen Auge, als im Fernrohre Scheiben von merklichem Durchmesser. Aber schon der Umstand, daß diese Scheiben bei Anwendung stärkerer Vergrößerungen auffallend kleiner erscheinen, und noch mehr, daß selbst ein Stern erster Größe bei einer Bedeckung durch den Mond plötzlich verschwindet, beweist, daß jene Scheiben auf einer Täuschung beruhen. Gleichwol hat man lange Zeit die Hoffnung nicht aufgegeben, die wahren Durchmesser der Fixsternscheiben zu messen. Die Verbesserung der Beobachtungsmittel führte in der That zu einer fortschreitenden Verkleinerung jener Scheiben, und darin schien nur eine Bestätigung jener Hoffnung zu liegen. Kepler hatte noch den Durchmesser des Sirius zu 240, Tycho zu 120 Sekunden angegeben. Albategnius verringerte ihn bereits auf 45, Gassendi auf 10 Sekunden und Jacob Cassini und Hevel, die durch Verengung der Objektivöffnung des Fernrohres das Licht der Sterne abzuschwächen und damit die Ursache jener Täuschung zu heben suchten, gaben dem Sirius sogar nur 5 und 6,3 Sekunden Durchmesser. William Herschel vermochte bei Anwendung einer 6500fachen Vergrößerung die Scheibe der Wega sogar nur zu 0,36 und die des Arktur zu 0,2 Sekunden im Durchmesser zu schätzen. Läßt man aber auch nur diese kleinsten scheinbaren Größen gelten, und berücksichtigt man dann die Entfernung, die man mindestens den nächsten Fixsternen geben muß, so erhält man noch wahre Durchmesser von 4—7 Millionen Meilen für diese beiden Fixsternwelten.

Schon Gassendi war von der geringen Helligkeit überrascht, welche die sämmtlichen, gleichzeitig an unserm Himmelsgewölbe glänzenden Sterne in einer völlig heitern Nacht verbreiten. Er kam dadurch auf den Gedanken, zu untersuchen, welche Größe und welchen Glanz eine Scheibe darbieten müsse, welche man aus allen diesen Sternen nach der Vorstellung, die man damals von ihrem scheinbaren Durchmesser hatte, zusammensetze. Indem er nun die Durchmesser der Sterne erster Größe zu 3, die zweiter Größe zu $2^1/_2$ Minuten und so fort, die der sechsten Größe zu $^1/_2$ Minute annahm, fand er, daß schon die Hälfte der 1026 von Hipparch als mit bloßem Auge sichtbar aufgeführten Sterne hinreiche, in ihrer Vereinigung eine Scheibe zu bilden, welche die Mond- oder Sonnenscheibe noch übertreffe. Da nun jeder Stern überdies für sich mehr Licht ausstrahlt, als ein entsprechender Theil des Mondes, so müßten jene 513 Sterne zusammen uns mehr Licht zusenden, als selbst der Vollmond. Da dies aber nicht stattfindet, so folgt daraus, daß die den Sternen beigelegten Durchmesser bei weitem zu groß sind.

Dies war ein erster roher Versuch. Die Resultate der heutigen Lichtmessung geben ihm eine überraschende Erweiterung dadurch, daß sie eine Grenze für die Größe der scheinbaren Sterndurchmesser setzen. Wir wissen nämlich, daß nach den Untersuchungen von Zöllner mindestens 14,000 Millionen Sterne von der Helligkeit des Sirius dazu gehören würden, um die Erde ebenso stark als die Sonne zu erleuchten. Nehmen wir nun an, daß der Sirius an sich denselben Glanz besäße wie die Sonne, so würden auch 14,000 Millionen solcher kleiner Scheiben von der Größe des Sirius vereinigt werden müssen, um der Oberfläche der Sonne gleich zu sein. Der Durchmesser der Sonne aber beträgt 32 Min. oder 1920 Sek. Durch eine einfache Rechnung läßt sich nachweisen, daß 16,000 Millionen kleiner Kreise der Sonnenoberfläche gleich sind, wenn jeder derselben $^1/_{60}$ Sekunde zum Durchmesser hat. Das ist also der größte Durchmesser, den wir dem Sirius geben könnten. Ja dieser Durchmesser setzt noch voraus, daß der Glanz des Sirius dem der Sonne gleich sei. Nun haben wir aber bereits gesehen, daß die wirkliche Lichtstärke des Sirius die der Sonne vielleicht um das 86fache übertrifft. Der Winkeldurchmesser des hellsten Sternes am Himmel würde damit also noch weit unter jene Grenze zu setzen sein. Sie sehen, daß damit für unsere jetzigen Meßinstrumente noch sobald nicht eine Messung von Fixsternscheiben in Aussicht gestellt wird.

Wir haben somit wenigstens ein oberflächliches Bild der Raumverhältnisse der Sternwelt erhalten. Es ist freilich nur ein Bild, wie wir es uns etwa von einem Lande, das wir bereisen wollen, aus dürftigen Nachrichten zusammensetzen. Gleichwol können wir es nicht unterlassen, diesem dürftigen Bilde noch eine gewisse Vollendung zu geben, indem wir zu der Ausdehnung seiner Räume auch die Zahl seiner Welten wenigstens in annähernder Weise fügen.

Sie werden es nicht unternehmen, die Sterne am Himmel zu zählen, und das Alterthum vermochte es ebenso wenig. Der größte Astronom des Alterthums, Hipparch, giebt die Zahl der am schönen italischen Himmel sichtbaren Sterne auf nicht mehr als 1600 an, sein Sternverzeichniß, das uns von Ptolemäus hinterlassen worden, umfaßt sogar nur 1026 Sterne. Und doch

erregte seine That eine solche Bewunderung, daß Plinius es ein der Götter würdiges Unternehmen nennt, daß Hipparch der Nachwelt den Himmel wie zur Erbschaft hinterlassen wollte. Gegenwärtig gewähren die sorgfältig und mühsam angefertigten Sternverzeichnisse unserer Astronomen eine leichtere und sicherere Zählung. Ich kann Ihnen diese Verzeichnisse hier nicht alle namentlich aufführen; ich will nur, um Ihnen von dem Umfange derselben einen Begriff zu geben, erwähnen, daß z. B. Piazzi's Katalog 7646 Sterne enthält; daß Bessel von 1825 bis 1838 über 75,000 Beobachtungen von Sternen zwischen 15° südlicher und 45° nördlicher Deklination angestellt hat; daß Lamont's Zonenbeobachtungen mehr als 50,000 Sterne umfassen. Auf solch' zahlreiche Beobachtungen konnten erst genaue Himmelskarten gegründet werden, wie z.B. jene der Berliner Akademie, welche alle Sterne zwischen 15° nördlicher und 15° südlicher Deklination enthalten, die in einem Fraunhofer'schen Kometensucher von 34''' Oeffnung bei 10maliger Vergrößerung sichtbar sind. Dieses Kartenwerk ist in neuester Zeit durch eine bewundernswürdige Arbeit Argelanders und seiner Mitarbeiter noch weit übertroffen worden. Dieser Astronom hatte nämlich den Plan gefaßt, alle am nördlichen Himmel sichtbaren Sterne bis zur 9.—10. Größenklasse nach Ort und Helligkeit annähernd zu bestimmen und darauf einen neuen Himmelsatlas zu begründen. Die Durchführung solcher Riesenaufgabe hat 7 Jahre in Anspruch genommen; es wurden dabei in 625 Nächten 1,065,000 einzelne Beobachtungen angestellt und dadurch Ort und Helligkeit von 324,198 Sternen bestimmt. Setzt man im Durchschnitte den südlichen Himmel ebenso sternreich an wie den nördlichen, so hat man nach Argelander folgende Anzahl von Sternen: 1. Größe: 16; 2. Größe: 70; 3. Größe: 198; 4. Größe: 460; 5. Größe: 1496; 6. Größe: 6004; 7. Größe: 19,902; 8. Größe: 68,338; 9. Größe: 533,356.

Neben Argelander haben sich besonders Chacornac und Peters in Klinton mit der Anfertigung sehr genauer Sternkarten beschäftigt. Von Chacornac's Himmelskarten habe ich Ihnen früher bei der Besprechung der kleinen Planeten bereits eine verkleinerte Abbildung eines Theiles dieser Karten gezeigt. Dieselben erstrecken sich jedoch nicht über den ganzen Himmel, sondern umfassen nur einen schmalen Streifen längs der Ekliptik. Nach Argelander beträgt die gesammte Zahl der über dem Horizont von Berlin dem gewöhnlichen Auge deutlich erkennbaren Sterne 4022; sehr scharfe Augen möchten im Ganzen etwa 6000 Sterne ohne Fernrohr erkennen. Struve nimmt für das Herschel'sche 20füßige Spiegelteleskop bei 180facher Vergrößerung für den gesammten Himmel 20,374,000 Sterne an, und William Herschel selbst schätzt die in seinem berühmten 40füßigen Teleskope in der Milchstraße allein sichtbar werdenden Sterne auf 18 Millionen. Der eigentliche Reichthum des Himmels an Sternen beginnt also erst bei der teleskopischen Betrachtung.



Die Sternbilder des Bootes, der Jagdhunde und des Hauptthaares der Berenice.

Zweites Kapitel.

Die Eigenbewegungen der Fixsterne.

Du Ruhigscheinende, Gewaltsaminnige,
Eröffne deiner Schatten grausen Schlund,
Die alte Macht sei ohne Zauber kund!

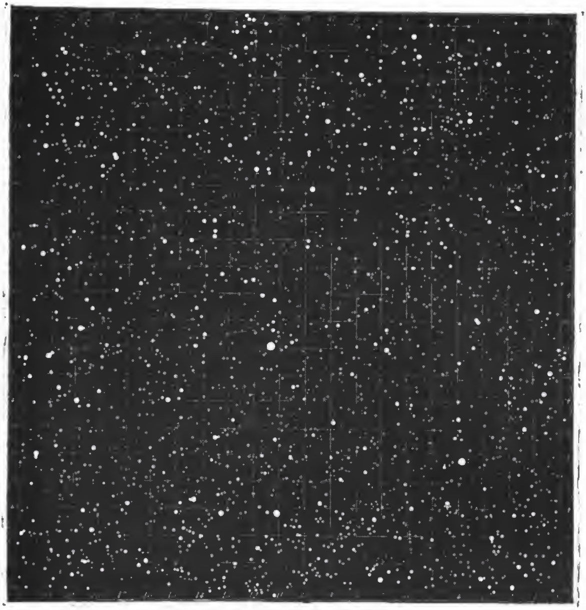
Ungeheuer wie die Räume erscheinen uns auch an Zahl die Welten, deren Gebiet wir betreten wollen. Ruhig und fest schimmert diese Sternenschar über uns, seit Jahrtausenden unveränderlich in ihrer Gruppirung, die Symbole des Ewigen für alle Völker und alle Zeiten. Jetzt, da wir den Fuß unter sie setzen, werden sie in Bewegung gerathen, werden die ewigen Sternbilder sich auflösen, werden ihre ewigen Lichter aufleuchten, sich wandeln, erlöschen. Aber was das beschränkte irdische Auge niemals am Fixsternhimmel zu erspähen vermag, Ordnung, Gesetz, das wird der von der Wissenschaft zu diesen Welten emporgetragene Blick mit stolzer Genugthuung entdecken. Und nicht Wunder, sondern Sinn und Gesetz zu erkennen, ist der Zweck einer rechten Wanderung durch die Fremde.

Sie kennen den Zauberstab, der uns die geheimnißvollen Räume des Himmels erschließt, der uns jene Sinnbilder ewiger, ungestörter Ruhe, jene goldenen Nägel am Krystallgewölbe der alten Philosophen in raumerfüllende, bewegte Welten verwandelt. Sie wissen, daß dieser Zauber in nichts Anderem beruht, als in der gleichen besonnenen Prüfung, durch welche wir eine wirkliche Landschaft von einem Gemälde unterscheiden. Diese Prüfung muß uns den Nachweis einer gleichen oder verschiedenen Entfernung der einzelnen Gegenstände der Landschaft liefern. Entscheidend darüber wird also die Wahrnehmung einer

eigenen Bewegung der Gegenstände selbst oder von Veränderungen, in denen sich unsere persönliche Bewegung draußen abspiegelt. Ein Zweifel könnte nur noch darüber entstehen, welcher von beiden Ursachen die wahrgenommenen Veränderungen zuzuschreiben seien, der wirklichen, von uns unabhängigen Bewegung draußen, oder dem Widerschein unserer eigenen. Aber auch dieser Zweifel wird sich aus der Art und Richtung der wahrgenommenen Bewegungen lösen lassen. Eine Uebertragung unserer eigenen Bewegung auf die Außenwelt wird sich immer in einer gewissen Regelmäßigkeit äußern und eine gewisse Ruhe in der Richtung unserer Bewegung erkennen lassen. Wenn Sie durch einen Wald wanderten, so wird es Ihnen nicht entgangen sein, daß die Bäume, die Ihnen gerade gegenüber standen, ihre Lage nicht zu verändern schienen. Wenn Sie aber auf die Gegenstände zur Rechten und Linken achteten, so wird es Ihnen geschienen haben, als ob sie sich nach rechts oder links ausbreiteten. Selbst wenn Sie nichts davon gewußt hätten, daß Sie sich bewegen, so würden Sie es doch eben aus jenem Auseinandergehen der Bäume zur Seite mit ziemlicher Gewißheit haben folgern können, daß und in welcher Richtung Sie sich bewegten.

Ruhend und fest gleich jenen Bäumen des Waldes, so dünkt Ihnen die Sternenschar des Himmels. Die Physiognomie des Himmels scheint Ihnen unveränderlich, heute dieselbe, wie sie vor Jahrtausenden war. Die wenigen umherschweifenden Planeten und Kometen, die aufblitzenden Sternschnuppen und Meteore können die Physiognomie der Sternlandschaft nicht dauernd, nicht auffallend verändern; das Vorrücken der Nachtgleichen, das Wanken der Erdaxe kann wol neue Sternbilder heraufführen, andere Theile der Landschaft sichtbar machen, aber es kann diese Sternbilder selbst nicht auflösen, noch neue Gruppen schaffen. Die Millionen Meilen, die Sie alljährlich mit Ihrer irdischen Heimat durch die Räume des Sonnensystemes dahin wandeln, sie verschwinden wirkungslos gegen die Unermeßlichkeit der Fixsternwelt. Da verlangen Sie denn hinausgetragen zu werden in jene Räume, in schnellem Fluge sie zu durcheilen, um diese ruhende Landschaft in Bewegung zu bringen. Aber gedulden Sie sich! Vielleicht habe ich es gar nicht mehr nöthig, Sie in Bewegung zu setzen; vielleicht befinden Sie sich längst auf einer Reise mitten durch jene Fixsterne hin, und längst fliegen diese Sterne an Ihnen vorüber und weichen zur Seite gleich den Bäumen des Waldes. Bis jetzt haben Sie ja nur flüchtige Blicke zum Sternhimmel erhoben, und wenn solch ein Blick auch ein Menschenalter umfaßte. Wie nun, wenn Sie einmal einen recht langen, tiefen Blick in den Himmel thäten, einen Blick, der auf Jahrtausende zurückreichte? Ich will Ihnen diesen Blick durch die Wissenschaft leihen. Sie erschrecken vor dieser überraschenden Verwandlung. Noch eben strahlte dort im Norden die prächtige Wega im Sternbild der Leier, ruhig schimmerte unweit davon die reichgeschmückte nördliche Krone, und zwischen beiden erblickten Sie das sternbesäete Bild des kämpfenden Herkules. Vor dem festen Blicke der Wissenschaft erbleichen Held und Kranz und Leier wie Gespenster; die dunkle Fläche, an welche das Alterthum seine Bilder malte, thut sich auf, und ein weiter, unendlicher Raum klafft Ihnen entgegen. Sie erblicken eine Bewegung, die fort und fort, seit das Menschengeschlecht besteht, auflösend und zerstörend auf die ganze Himmelsphysiognomie einwirkte.

Schon schauen Sie nicht mehr dieselben Sterngruppen, die vor 2000 Jahren noch ein Hipparch oder Ptolemäus schauten, und mit Entsetzen gewahren Sie jedes Band der Ordnung am Himmel sich lösen, und gleichviel, ob nach Jahrhunderten oder Jahrtausenden, wird das Kreuz des Südens und der Gürtel des Orion zerrissen und zerstückt sein.



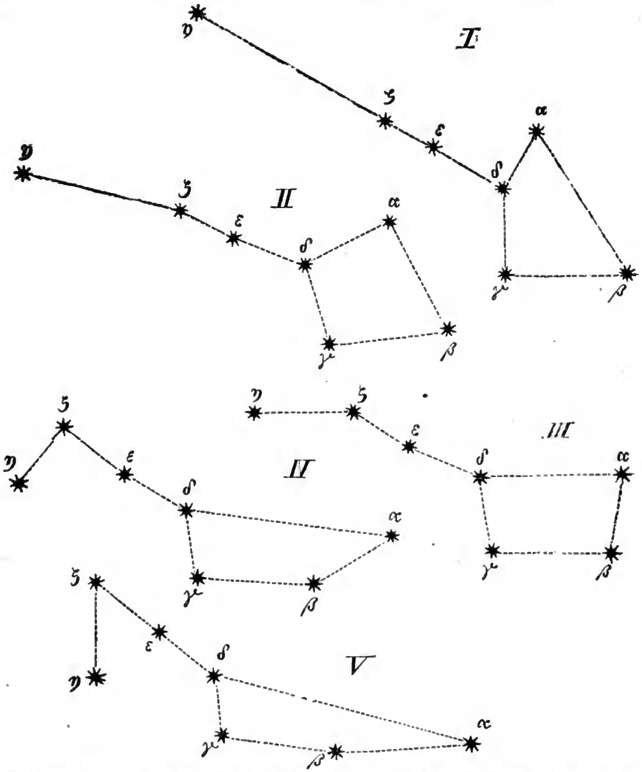
Ekliptische Sternkarte. Nach Chacornac.

Wir können nun unmöglich unseren Gedankenflug durch den Weltraum beginnen, ehe ich Sie nicht ein Stück Weges auf jener wirklichen Reise geleitet und Sie mit den Erfahrungen bekannt gemacht habe, welche die Wissenschaft in der kurzen Zeit, seit sie bewußt diesen Weg wandelt, gesammelt hat. Ich führe Sie deshalb noch einmal zu jenem Walde zurück. Sie würden dort unzweifelhaft die Veränderungen um sich her am auffälligsten gefunden haben, wenn Sie einmal einen Augenblick anhielten, um sich recht genau die Physiognomie Ihrer Umgebung einzuprägen, und erst, nachdem Sie dann einige Minuten mit geschlossenen Augen weiter gewandelt wären, die Augen wieder geöffnet hätten. So ist es der Wissenschaft nun wirklich ergangen. Vor 2000 Jahren hatte Hipparch seinen spähenden Blick auf den Himmel geworfen und den damaligen Anblick desselben, damit er dem Gedächtnisse nicht entschwinde, durch ein genaues

Sternverzeichniß verewigt. Bis zum Anfang des vorigen Jahrhunderts wandelte die Wissenschaft mit geschlossenen Augen weiter. Da fiel es einem Halley ein, die Augen wieder zu öffnen. Sein scharfer Blick durchforschte abermals den Himmel, er verglich den neuen Anblick mit dem alten, das neue Verzeichniß mit dem zweitausendjährigen. Siehe da, Sirius, Arktur, Aldebaran standen nicht mehr, wo sie der griechische Astronom verzeichnet hatte. Beobachtungsfehler reichten nicht hin, diese Veränderungen zu erklären; Täuschungen, etwa durch das Vorrücken der Nachtgleichen oder die Lichtabirrung, also durch Aenderungen in der Stellung der Erde oder ihrer Bahn veranlaßt, hätten die gesammten Sterne in gleichem Maße getroffen. Die Veränderung, die hier vorlag, war eigenthümlicher Art; es waren die Stellungen der Sterne zu einander verändert. Sirius hatte sich aus seiner alten Nachbarschaft entfernt und neue Gefährten gesucht; mancher Stern, der einst östlich von einem anderen gestanden, wurde jetzt westlich von ihm gesehen. Jakob Cassini prüfte die von Halley erlangten Resultate und fand aus der Vergleichung seiner eigenen Beobachtungen mit jenen von Richer, die 64 Jahre früher angestellt waren, daß der rothe Stern Arktur in Länge und Breite seinen Ort am Himmelsgewölbe langsam ändere. Man schritt nun ein Jahrhundert lang sehenden Auges vorwärts und fand, daß auch bei den sorgfältigsten Beobachtungen neuerer Zeit, bei Benutzung der vollkommensten Werkzeuge dasselbe Durcheinanderirren der Fixsterne fortwährte. Man fand geradezu, wie im Walde, daß zur Rechten und Linken die Sterne auseinanderwichen, die einen schneller, die anderen langsamer. Man erkannte unzweifelhaft eine Eigenbewegung der Sterne, und damit war das gemalte Himmelsgewölbe, das vor der gesunden Vernunft längst nicht mehr bestanden hatte, auch vor dem Urtheile der Sinne zerstört. Die Fixsterne waren nicht mehr fest, die Sonne selbst vielleicht ihrer Ruhe beraubt. Die Verschiedenheit in den Bewegungen der Sterne deutete zugleich auf eine Verschiedenheit in ihren Abständen. Besonders Tobias Mayer und Maskelyne bemühten sich, genauere Zahlenwerthe für die Eigenbewegungen einer Anzahl von Fixsternen zu erhalten und Piazzi veröffentlichte sogar im Jahre 1804 ein Verzeichniß von 300 Sternen mit näherungsweise ermittelter Eigenbewegung. Nur in Betreff der Ursache dieser Bewegung konnte noch ein Zweifel sich geltend machen. Entweder konnte sie gedeutet werden als eine bisher uns unbewußt gebliebene weite Reise nicht der Erde allein, sondern unserer stolzen Sonne selbst und ihres ganzen Systems durch die Weiten des Himmels, oder die Bewegung konnte auch den fernen Sternen allein angehören und einer Wirklichkeit entsprechen, wie wir sie etwa dem verwickelten Laufe der Planeten zu Grunde legen mußten. Ehe ich Ihnen die Lösung dieser Frage mittheile, muß ich Sie mit den Eigenbewegungen der Fixsterne selbst näher bekannt machen.

Das größte Verdienst um die Bestimmung der Eigenbewegungen der Fixsterne gebührt Bessel, Argelander und Mädler. Auf Grund des berühmten Bradley'schen Sternverzeichnisses von 1755 hat Letzterer in den Jahren 1847—1856 die Eigenbewegungen von 3136 Sternen ermittelt. Die Größe dieser Bewegungen ist außerordentlich verschieden. Im Mittel beträgt sie etwa 10—11 Sekunden im Jahrhundert, wächst aber bei einzelnen Sternen bis auf mehrere

Sekunden im Jahre an, während sie bei anderen wieder noch nicht eine Sekunde im Jahrhundert erreicht. Die stärksten Bewegungen erwartete man ursprünglich bei den hellsten und darum wahrscheinlich auch nächsten Fixsternen zu finden, und in der That beträgt die Eigenbewegung des Sirius 125, des Procyon 133, des Arktur 226 und des Hauptsternes im Centauren 368 Sekunden im Jahrhundert.



Karte der Stellung der Sterne des großen Bären in Vor- und Nachzeit. I. Vor 100,000 Jahren. II. Vor 50,000 Jahren. III. Zur Jetztzeit. IV. Nach 50,000 Jahren. V. Nach 100,000 Jahren.

Aber ebenso große und noch größere Eigenbewegungen kommen in allen Klassen der Fixsterne vor, und ebenso zeigen einige der hellsten Sterne außerordentlich kleine Bewegungen. So besitzen die beiden hellsten Sterne des Orion, Beteigeuze und Rigel, nur eine Bewegung von 5 und 3,5 Sekunden im Jahrhundert. Die größten bisher beobachteten Bewegungen zeigen sogar einige Sterne sechster bis achter Größe. So beträgt die Eigenbewegung eines kleinen

Sternes sechster bis siebenter Größe, Nr. 1830 des Katalogs von Groombridge 701, des Sternes Nr. 61 im Schwane 522, des Sternes Nr. 21,185 in Lalande's Katalog 473, eines Sternes im Indianer 451, des Sternes o^2 im Eridanus 409 und des Sternes μ in der Kassiopeja 383 Bogensekunden im Jahrhundert. So klein diese Bewegungen an sich auch erscheinen, so erhalten sie doch eine Bedeutung durch die Kraft der Jahrtausende. Seit dem Beginne unserer Zeitrechnung ist in der That die Bewegung des Arktur bereits auf $2^1/_2$, die des Sternes im Schwane auf 6, die des Sternes im Schiffe sogar auf 9 Vollmondbreiten angewachsen. Sie erhalten noch eine weitere Bedeutung dadurch, daß sie nur der Schein wirklicher Bewegung sind, die bei den gewaltigen Entfernungen dieser Welten auf außerordentliche Geschwindigkeiten hindeuten, beim Arktur, mäßig geschätzt, auf eine Geschwindigkeit von 10—11 Meilen in der Sekunde. Sie dürfen nicht vergessen, daß nur derjenige Theil der Bewegung eines Fixsternes sich der direkten Beobachtung im Fernrohre bemerkbar machen kann, welcher senkrecht zur Gesichtslinie des Beobachters stattfindet. Ein Stern, der sich schnurgerade zur Erde hin bewegte, würde bei seiner großen Entfernung für uns ganz stille zu stehen scheinen. Der Spektralanalyse ist es nun möglich, auch eine solche Bewegung zu erkennen, ja ihrer Größe nach zu messen. Wenn nämlich ein Fixstern sich der Erde nähert oder sich von ihr entfernt, so muß diese Bewegung die Brechbarkeit der von ihm ausgehenden Strahlen verändern. Die hellen Linien der Spektra irdischer Stoffe werden daher nicht mehr genau mit den entsprechenden dunklen Linien in den Spektren der betreffenden Sterne zusammenfallen. Findet eine Verschiebung der Spektrallinien gegen Roth hin statt, so entfernt sich der Stern von der Erde, erscheinen die Linien dagegen gegen das violette Ende des Spektrums verschoben, so findet eine Annäherung zur Erde statt. Aus der Größe dieser Verschiebungen läßt sich die Geschwindigkeit der Bewegung leicht berechnen. Auf diese Weise fand zuerst Huggins, daß der glänzende Sirius sich in jeder Sekunde 18 bis 22 englische Meilen von uns entfernt. Beteigeuze entfernt sich 22 englische Meilen, Rigel 15, Castor 25, Regulus 12 bis 17 englische Meilen pro Sekunde. Arktur nähert sich uns 55, Wega 44 bis 54, Deneb 39, Pollux 49, α im großen Bären 47 bis 62 englische Meilen in jeder Sekunde. Vogel hat auf der schönen Sternwarte Bothkamp die Untersuchungen von Huggins wiederholt. Er fand, daß Wega sich mit einer Geschwindigkeit von $11^1/_4$ geographischen Meilen der Sonne nähert; für Altair betrug dieselbe Bewegung $10^2/_5$ geographische Meilen.

Sie sehen, daß die Eigenbewegung durchaus in keiner bestimmten Beziehung zur Helligkeit der Sterne steht. Wenn Sie also ein gewisses Abhängigkeitsverhältniß zwischen der Eigenbewegung und der Entfernung gelten lassen wollen, so werden Sie auch den Schluß gerechtfertigt finden, daß Sterne jeder Helligkeitsklasse in allen Entfernungen in gleicher Häufigkeit vorkommen. Allerdings beschränkt sich die Beobachtung dieser Bewegung erst auf eine kleine Zahl von Sternen, die verschwindend ist gegen die Hunderttausende und Millionen von Sternen, welche eine gegründete Schätzung am Himmel nachweist. Neun volle Jahre war Mädler beschäftigt, um nur für 3000 Sterne jene Bewegung zu berechnen. Welche Riesenarbeit ist der Wissenschaft also noch aufgehoben!

Aber erst spätere Zeiten werden diese Arbeit zu leisten haben. Noch sind unsere umfassenderen Sternverzeichnisse zu neu, um bereits die Spuren einer Veränderung erkennen zu lassen.

Sie wissen jetzt, auf einen wie kleinen Theil der Himmelswelt sich unsere Kenntniß von den Eigenbewegungen der Sterne noch erstreckt, und Sie werden nun auch die ganze Schwierigkeit einer Antwort auf jene Frage begreifen, die ich vorhin aufwarf. Es war die Frage, ob unsere Sonne allein, oder ob jeder der Fixsterne in einer Bewegung begriffen sei. Daß die Sonne allein unter allen den zahllosen Welten mit ihrem reichen Gefolge durch den Raum zu wandeln bestimmt sei, liegt außer aller Wahrscheinlichkeit. Ist die Sonne ein Fixstern gleich den anderen, warum sollte nur sie ihre Ruhe nicht finden können! Oder wäre sie nur der Trabant eines höhern Systems, wäre es ein benachbarter Fixstern, um den sie zu kreisen hätte? Dagegen spricht wieder die ungeheuere Weite der Bahn, die sie zu durchlaufen hätte; denn so klein sind die Veränderungen in der Lage der Fixsterne, daß sich auf Millionen von Jahren schließen läßt, die erforderlich wären, damit die Sonne ihre Periode vollenden könnte. Wiederum den Fixsternen allein jene Bewegung zuzuschreiben, ist ebenso gegen alle Wahrscheinlichkeit; welches Vorrecht hätte denn die Sonne vor ihnen? So bleibt uns nur übrig, eine gleichzeitige Bewegung von Sonne und Fixsternen anzunehmen und damit freilich die Erscheinung in bedenklicher Weise zu verwickeln. Jede der kleinen Ortsveränderungen der Sterne am Himmel stellt sich uns nun dar als eine Vereinigung jener zusammenwirkenden Bewegungen. Welche Aussicht bietet sich uns, diese ineinander greifenden Ursachen und Wirkungen zu trennen? Wir wollen sehen, wie weit es der Wissenschaft geglückt ist, wenigstens den Weg und die Richtung aufzufinden, nach welcher ein unaufhaltsamer Zug unsere Sonne mit Erde und Planeten in den Raum hinausführt.

Zunächst ist die ganze Anschauung, von der wir ausgingen, wesentlich umgestaltet. Wir glaubten uns durch einen Wald dahin wandelnd und suchten aus dem scheinbaren Auseinanderweichen der Bäume die Richtung unserer Bewegung zu erkennen. Die Fixsterne gleichen jetzt nicht mehr den ruhigen, festgewurzelten Bäumen des Waldes. Sie sind in Bewegung gleich uns. Sie gleichen vielmehr segelnden Schiffen, die von allen Seiten und nach allen Richtungen steuernd uns umgeben. So wollen wir uns denn selbst auf ein solches segelndes Schiff versetzen, mitten auf hoher See, rings am Horizonte nur segelnde Schiffe, nirgends eine Küste, nirgends eine Marke, an der wir unsere eigene Bewegung und ihre Richtung erkennen könnten. Sie werden fragen, wie es möglich sei, ohne ein anderes Hülfsmittel als diese uns rings umschwärmenden Schiffe die eigene Richtung zu finden. Und doch ist es möglich. Wenn wir still stehen, werden wir bei der großen Zahl der bewegten Schiffe offenbar keine bestimmte Richtung ihrer Bewegung vorherrschen sehen. Wenn wir uns aber selbst bewegen, so erhält jedes der übrigen Schiffe zu seiner wahren Bewegung noch eine gemeinsame scheinbare zugefügt, die der unserigen genau entgegengesetzt ist. Es wird also die Mehrzahl der Schiffe sich in einer Richtung zu bewegen scheinen, die sich der der unserigen entgegengesetzten mindestens nähern wird. Die Schiffe werden sogar ähnlich jenen Bäumen im Walde in der Richtung, nach welcher

wir uns hinbewegen, auseinanderzurücken, in der entgegengesetzten sich einander zu nähern scheinen. Sie sehen, es kommt nur darauf an, daß die Zahl der Schiffe groß genug ist, um uns durch die Mischung von Schein und Wahrheit in ihren Bewegungen über unsere eigene Richtung mit Sicherheit belehren zu können.

Kehren wir jetzt unter die bewegten Sterne zurück und versuchen wir hier die Lösung der gleichen Aufgabe. William Herschel schon ist uns darin vorangegangen. Sie werden es freilich für ein gewagtes Unternehmen halten, zu einer Zeit, wo erst von kaum 20—30 Sternen Eigenbewegungen bekannt waren, also auf eine höchst schwache Grundlage so wichtige Schlüsse bauen zu wollen. Ich verdenke es Ihnen auch nicht, wenn Sie den Erfolg dieses Unternehmens nicht dem Scharfsinn Herschel's allein, sondern mehr noch dem glücklichen Zufall zuschreiben. Genug, Herschel bestimmte aus der Gemeinsamkeit, die er in der Richtung jener Eigenbewegungen zu erkennen glaubte, die Richtung des Laufes unserer Sonne und bezeichnete einen kleinen Stern im Sternbilde des Herkules als den Punkt des Himmels, nach welchem sie sich bewege. Das Verdienst, dieses unsichere und damals vielfach angefochtene Resultat über alle Zweifel erhoben zu haben, gebührt Argelander. Ihm standen reichere und sichere Thatsachen zu Gebote. Die Grundlage seiner Rechnung bildeten 390 Sterne, von denen 20 eine jährliche Eigenbewegung von mehr als 1 Sekunde besitzen, 50 zwischen $^1/_2$ und 1 Sekunde und endlich 319 zwischen $^1/_5$ und $^1/_2$ Sekunde. Als Resultat seiner Rechnung ergab sich für die Richtung der Eigenbewegung unserer Sonne ein Punkt, der gleichfalls im Sternbilde des Herkules, und zwar auf das Jahr 1800 bezogen, in 257° 54′ gerader Aufsteigung und 28° 49′,2 nördlicher Abweichung liegt. Spätere Untersuchungen anderer Astronomen, die namentlich auch die südlicheren Sterne berücksichtigten, haben im Allgemeinen zu nahe übereinstimmenden Resultaten geführt. So fand Galloway, indem er seine Rechnungen ausschließlich auf Sterne des südlichen Himmels stützte, die früher von Lacaille und Bradley, neuerdings aber von Johnson und Henderson beobachtet worden, für die Lage jenes Punktes: 260° 1′ gerader Aufsteigung und 34° 23′ nördlicher Abweichung. Mädler's jüngste, auf 2163 Sternbewegungen gegründete Rechnung hat für diesen wichtigen Punkt des Himmels eine gerade Aufsteigung von 261° 38′,8 und eine nördliche Abweichung von 39° 53′,9 ergeben. Damit fällt das Resultat fast vollständig zusammen, welches kürzlich Dunkin aus der Eigenbewegung von 1167 dem Kataloge von Main entnommenen Fixsternen abgeleitet hat, nämlich 265° Rectascension und 39° nördlicher Deklination für den Punkt, gegen welchen hin sich unsere Sonne bewegt.



Himmelszielpunkt der Bewegung unseres Sonnensystems.

Ueber die Richtung, in welcher die Sonne sich bewegt, kann nach all den Untersuchungen, deren Resultate ich Ihnen soeben vorgelegt habe, durchaus kein Zweifel mehr bestehen. Dagegen ruht gegenwärtig noch ein großes Dunkel über der wahren Ursache der Sonnenbewegung. Nur das können wir mit Sicherheit schließen: es ist eine Kraft vorhanden, der die Sonne gehorcht, wie dieser die Erde.

Wenn Sie erwägen, was sonst in der Astronomie eine beobachtete Bewegung zu bedeuten hat, mit welcher Sicherheit Gesetze daraus erschlossen, Bahnen berechnet, Systeme begründet werden, so dürfen Sie sich doch nicht der Hoffnung hingeben, auch für die bewegte Fixsternwelt ähnliche Gesetze, ähnliche Ordnungen sich enthüllen zu sehen. Bedenken Sie nur, wie lange die Menschheit den einfachen Mechanismus des Planetensystems betrachten, wie oft sie die Perioden seiner Bewegungen in wiederkehrender Reihenfolge beobachten mußte, ehe sie das einfache Gravitationsgesetz, ehe sie die Formeln für diese Bewegung aufzustellen vermochte! Noch sind es kaum hundert Jahre, daß man die Eigenbewegungen der Fixsterne verfolgt. Freilich ist das mit einer Sicherheit geschehen, die selbst sekundengroße Ortsveränderungen der Beobachtung nicht entgehen ließ; freilich war man im Stande, alle scheinbaren Veränderungen aus dem Vorrücken der Nachtgleichen, dem Wanken der Erdaxe, der Abirrung des Lichtes auf das Schärfste von diesen wirklichen Ortsveränderungen zu trennen. Aber was sind hundert Jahre in der Geschichte des Himmels und dem Jahreslaufe eines Fixsterns, an der Uhr des unendlichen Weltganzen! Noch vermag selbst die Ahnung nicht das Gesetz dieser Bewegungen abzuleiten, die Züge dieser Weltordnung zu entziffern.

Lassen wir uns genügen, die fernen Welten in Bewegung gesetzt zu haben; lassen wir uns genügen, in eilendem Fluge von unserer stolzen Sonne selbst durch die Räume des Alls dahingetragen zu werden! Ein Gedanke geht mit uns — daß nirgends Stillstand in der Natur, daß mit seinem Wohnsitze auch das Menschengeschlecht fortschreitet, und daß, wer es hemmen will, so Vergebliches unternimmt, als wollte er eingreifen in den ewigen Lauf der Gestirne!

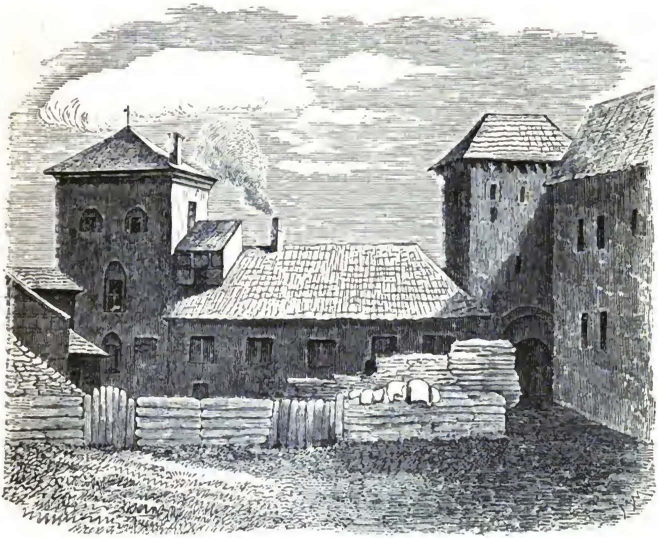
Ich möchte nicht von unserem Gegenstande scheiden, ohne Sie auf eine Konsequenz der Eigenbewegung unserer Sonne aufmerksam zu machen, die für uns Menschen ein ganz besonderes Interesse hat. Mit der Zeit wird uns nämlich die fortschreitende Bewegung unserer Sonne in immer andere Regionen des Weltraumes führen, und das Menschengeschlecht wird den Punkt im Raume, den es ein Mal eingenommen, nie zum zweiten Male einnehmen. Könnte nun nicht der Weltraum in gewissen Regionen eine Temperatur besitzen, von solcher Hitze oder Kälte, daß alles vegetabilische und animalische Leben auf unserem Planeten dadurch vernichtet würde? Diese Frage ist schon mehrfach aufgeworfen und u. A. von einem berühmten französischen Mathematiker zur Grundlage einer Erklärung der unserer Erde eigenthümlichen inneren Wärme benutzt worden. Poisson hat eine Schwierigkeit für die Annahme ursprünglicher Wärme in der äußerst hohen Temperatur gefunden, welche der Mittelpunkt der Erde gehabt haben müsse, einer Temperatur, die bei Voraussetzung der Zunahme, wie sie aus den in der Nähe der Oberfläche der Erde gemachten Beobachtungen folgt, zwei Millionen Grade überschreiten würde. Die einer solchen Temperatur unterworfenen Substanzen würden nach Poisson im Zustande glühender Gase sein.

Daraus müsse aber eine elastische Kraft entstehen, welcher die erstarrte Erdrinde nicht Widerstand leisten könnte. Indem Poisson sich auf die Abplattung der Planeten in der Richtung ihrer Umdrehungsaxen stützt, glaubt er mit allen Mathematikern, daß dieselben ursprünglich flüssig gewesen sind; er hält es aber für wahrscheinlich, daß das Erstarren vom Mittelpunkte und nicht von der Oberfläche aus begonnen hat. Um die Zunahme der Temperatur mit wachsender Tiefe, wie sie die Beobachtungen an artesischen Brunnen und in den Erzgruben ergeben, zu erklären, nimmt Poisson zu den nachfolgenden Betrachtungen seine Zuflucht. Die Regionen des Weltraumes, welche unsere Sonne durcheilt, haben wahrscheinlich nicht alle dieselbe Temperatur. Die Erde beschreibt daher ihre Bahn um die Sonne bald, und vielleicht Jahrtausende hindurch, in einer heißen, bald, und vielleicht während Myriaden von Jahren, in einer kalten Region. Ueberall aber muß sie streben, ihre Temperatur mit der des Mittels, in welchem eben die Bewegung erfolgt, in's Gleichgewicht zu setzen. Nehmen wir nun an, daß die Erde, nachdem sie auf diese Weise zuvor einer ziemlich hohen Temperatur ausgesetzt gewesen ist, dem Einfluß eines verhältnißmäßig kältern Mediums unterliegt, so würde die Temperatur augenscheinlich von der Oberfläche nach dem Mittelpunkte hin wachsen; die Erscheinung würde dagegen gerade die umgekehrte sein, sobald man die Temperaturen der Erde beobachtete, wenn dieselbe, nachdem sie zuvor den Einfluß eines kalten Mittels erfahren hätte, in einer verhältnißmäßig heißern Region sich bewegte.

Dies ist in Kürze die Theorie Poissons. Humboldt und mit ihm viele berühmte Physiker und Astronomen geben ihr nur eine geringe physikalische Wahrscheinlichkeit. Aber obschon überzeugt, daß sie keineswegs hinreicht, die sämmtlichen Erscheinungen zu erklären, so glaube ich doch, daß die Hypothese eines noch heute feurig-flüssigen Erdkernes kaum wahrscheinlicher ist. Nach meiner Meinung ist das Alter unserer Erde ein so bedeutendes, daß sie längst ihre frühere Eigenwärme verloren, d. h. in den Weltraum ausgestrahlt hat.

Es fragt sich nun, ist die Erklärung der Bodenwärme durch Eintauchen unseres Planetensystems in verschieden warme Regionen des Weltraumes eine wahrscheinliche? Wenn sie sich bestätigt, so kann unsere Erde, indem sie der Sonne folgt, ebenso gut wieder in Regionen des Raumes gelangen, welche durch die dort herrschende Hitze dem Menschengeschlechte verderblich sind, wie in Gegenden, deren grausenhaft niedrige Temperatur unsern Stamm vom Erdboden tilgt.

Ob überhaupt eine ungleiche Temperatur der verschiedenen Theile des Weltraumes besteht, hängt ab von der Vertheilung der Licht und Wärme spendenden Sonnen, die den Raum erfüllen. Wir werden sehen, daß alle diese Sterne keineswegs ohne Ordnung und Sinn durch den Weltraum ausgestreut sind; auf diese Ansicht leiten übrigens auch schon die Eigenbewegungen der Fixsterne. Was wir bis jetzt über diese Vertheilung wissen, läßt uns vermuthen, daß die mittleren Entfernungen der einzelnen Sterne untereinander nicht gar zu ungleiche sind. Demnach kann auch die Temperatur des Weltraumes, so weit sie durch die Wärmestrahlung des gesammten Fixsternheeres beeinflußt wird, niemals zwischen sehr weiten Grenzen schwanken.



Wohnhaus des Kopernikus in Frauenburg.

Drittes Kapitel.

Die veränderlichen und die neuen Sterne.

Hier ist nicht Ruh', hier sind nicht weiche Pfühle,
Jedoch wie sonst, vertraue mir.

Der Glaube an die Ewigkeit und Unveränderlichkeit des Fixsternhimmels wird vollends in Ihnen zerstört werden, ehe Sie noch einen Fuß auf jenes Gebiet gesetzt haben. In Bewegung haben Sie bereits jene zahllosen Welten sich setzen sehen, und es war eine Bewegung, die, weil sie jedem Sterne eigenthümlich in Richtung und Geschwindigkeit ist, allmählich diese festen Sternbilder und Sterngruppen auflösen und die Physiognomie der Himmelslandschaft zum Unkenntlichen umgestalten wird. Aber diese Zerstörung der räumlichen Verhältnisse genügt immer noch nicht; auch die ewigen Lichter des Himmels muß ich Ihnen verlöschen. Sie werden Veränderungen in den Lichtverhältnissen dieser Fixsternwelten auftreten sehen, von einer Seltsamkeit und Plötzlichkeit, wie Sie solche schwerlich auch nur von den wandelbarsten Gestalten unserer planetarischen Welt erwartet haben möchten.

Blicken Sie hinauf zur Milchstraße, die jetzt im höchsten Glanze den ganzen Himmel umspannt! Viele prächtige Sternbilder schwimmen in ihrem bleichen Lichtmeere; aber vier sind es vor allen, für die ich jetzt Ihre Aufmerksamkeit in Anspruch nehmen möchte: dort hoch oben die reich geschmückte Kassiopeja, darunter

der Schwan mit dem funkelnden Deneb, nahe dabei die nördliche Krone, tief unten im Westen der Schlangenträger, dessen letzte Sterne Sie noch schimmern sehen. Unter diesem Sternbilde werden Sie im Mai noch einzelne Sterne eines fünften auftauchen sehen, des Skorpions im Thierkreise. Diese fünf Sternbilder sind wiederholt der Schauplatz einer der wunderbarsten Begebenheiten des Himmels gewesen, die alle Welt in Erstaunen setzte. Plötzlich tauchten hier Sterne auf, gespensterhaft loderten sie eine Zeit lang an dem sonst dunklen Raume in einem Glanze, der oft selbst die hellsten Fixsterne verdunkelte, um allmählich wieder zu verlöschen und für immer dem staunenden Blick zu entschwinden, oder in einem kleinen schimmernden Stern die Trümmer ihres kurzen, glänzenden Traumes späteren Tagen zu überliefern.

Die Berichte der Chinesen von solchen außerordentlichen Erscheinungen reichen zurück bis auf das Jahr 134 vor Anfang unserer Zeitrechnung, und es ist nicht wahrscheinlich, daß den meisten dieser Berichte eine Verwechslung mit ungeschwänzten Kometen zu Grunde liegt. In jenem Jahre erschien nach den Angaben des Buches Wen-Chiang-tung-Kao, dessen Verfasser Ma-duan-lin heißt, zwischen β und ϱ im Skorpion ein neuer Stern. Es ist nicht unmöglich, daß dieser Stern identisch ist mit jenem, der nach dem Zeugnisse des Plinius Hipparch zur Aufstellung seines einst so berühmten Sternkatalogs veranlaßte. Im Jahre 123 nach Chr. findet sich bei Ma-duan-lin die Nachricht, daß ein neuer Stern zwischen den Hauptsternen des Herkules und des Ophiuchus erschienen sei. Fünfzig Jahre später soll derselben Quelle zufolge ein Stern zwischen α und β im Centauren aufgetaucht sein, der nach und nach weiß, gelb, blau, roth und schwarz erschien, d. h. Anfangs sehr hell strahlte und nach und nach erlosch. Schriftsteller der römischen Kaiserzeit, arabische und deutsche Astronomen des Mittelalters berichten von ähnlichen Ereignissen. Aber erst in den jüngsten drei Jahrhunderten wurden sie Gegenstand wissenschaftlicher Beobachtung; 21 „neue" Sterne sind bisher bekannt und von diesen tauchten fünf im Sternbild des Skorpions, vier im Schlangenträger, drei in der Kassiopeja, zwei im Schwan und seiner nächsten Umgebung auf. Die übrigen erschienen im Centauren, im Schützen, im Adler, im Widder, Orion und in der nördlichen Krone, also sämmtlich mindestens in der Nähe der Milchstraße.



Tycho's Stern in der Kassiopeja.

Ein solcher plötzlich aus der Himmelsnacht auflodernder Stern war es, der dem bekannten dänischen Astronomen Tycho Brahe, als er während eines Aufenthaltes bei seinem Onkel Steno Bille im ehemaligen Kloster Herritzwald am Abend des 11. November 1572 aus seinem chemischen Laboratorium heimkehrte, nahe am Zenith in der Kassiopeja entgegenstrahlte. Es ist ihm schwerlich zu

verargen, wenn er in der ersten Aufregung seinen Sinnen nicht traute und Arbeiter herbeirief, um sich durch ihr Zeugniß dies Wunder bestätigen zu lassen. Da stand ein Stern, dessen blendend weißer Lichtglanz selbst den Sirius und Jupiter übertraf, der bei Nacht durch Wolken hindurch schimmerte und bei Tage sogar von scharfen Augen erkannt wurde. Zu Ende des Jahres begann der wunderbare Stern zu erbleichen, und sein Licht wurde roth gleich dem des Mars; im April und Mai des nächsten Jahres kehrte zwar seine weißliche Farbe zurück, aber er glich nur noch einem Sterne zweiter Größe; im Dezember war er zu einem Sterne fünfter Größe herabgesunken, und im März 1574 verschwand er endlich, nachdem er 17 Monate geleuchtet, spurlos für das unbewaffnete Auge.

Ein Vierteljahrhundert später wurde abermals das Auge eines berühmten Astronomen durch zwei seltsame Erscheinungen dieser Art an den Himmel gefesselt. Es war Kepler, der im Jahre 1602 im Sternbilde des Schwans einen neu erschienenen Stern erblickte, freilich nachdem er zwei Jahre vorher bereits von dem berühmten Geographen Janson entdeckt worden war. Dieser neue Stern erreichte zwar nur den Glanz eines Sternes dritter Größe, entzog sich aber erst nach 19 Jahren den Blicken des Astronomen. Vielleicht war es derselbe Stern, den Dominique Cassini im Jahre 1655 genau an derselben Stelle aufleuchten und wieder verschwinden sah, und den noch einmal Hevel im Jahre 1665 beobachtete, bis er allmählich zu einem Sterne sechster Größe erbleichte, als welcher er noch heute unverändert dort am Halse des Schwanes schimmert.

Glänzender und überraschender war für Kepler das plötzliche Auflodern eines Sternes am rechten Fuße des Schlangenträgers im Oktober des Jahres 1604. Sein weißes Licht überstrahlte, wenn auch nicht dem des Tychonischen Sternes gleich, alle Fixsterne und selbst den Jupiter, und sein lebhaftes Funkeln erregte das Staunen aller Beobachter. Fünfzehn Monate nach seinem Erscheinen verschwand er im März des Jahres 1606 spurlos vom Himmel.

Noch einmal tauchte im Jahre 1670 in der Nähe des Schwans, am Kopfe des Fuchses ein neuer Stern dritter Größe auf, der nach dem kurzen Dasein von drei Monaten unsichtbar wurde, um zwar im nächsten Jahre als Stern vierter Größe wieder zu erscheinen, jedoch abermals bald zu verschwinden. Cassini beobachtete ihn zuletzt als Stern sechster Größe im März 1672; seitdem ward er nie wieder gesehen.

Fast 180 Jahre verflossen seit jener Zeit, ohne daß ein ähnliches Wunder sich dargeboten hätte, trotzdem der Himmel jetzt mit Fernröhren aufs Sorgfältigste durchmustert wurde, trotzdem genaue Sternverzeichnisse die sicherste Kontrole über jeden fremden Eindringling am Himmel ermöglichten. Erst am 28. April 1848 gelang dem bekannten Astronomen Russel Hind in London die wichtige Entdeckung eines neuen Sternes vierter bis fünfter Größe, der im Schlangenträger erschien, aber im Jahre 1850 bereits zur elften Größe herabgesunken war und in diesem Glanze verblieb.

So seltsame Ereignisse, namentlich wenn sie, wie zu den Zeiten Tycho's, Kepler's und Cassini's, zahlreich in den Raum eines Jahrhunderts zusammengedrängt waren, mußten den alten Aristotelischen Glauben an die ewige Unveränderlichkeit des Fixsternhimmels tief erschüttern. Immerhin aber war es für

jene Zeit ein kühnes und der großartigen Hypothese eines William Herschel vorgreifendes Wagniß, wenn Tycho öffentlich die Ansicht aufstellte, jener neue Stern in der Kassiopeja sei das Ergebniß einer kürzlich entstandenen Zusammenballung der über den ganzen Weltraum ausgebreiteten Materie, sei eine neue Schöpfung. Den meisten damaligen Gelehrten galt die Welt als durch einen einzigen Akt in ganzer Vollkommenheit geschaffen; der neue Stern mußte mithin so alt als die Welt selbst sein. Um diesen Glauben zu retten, konnte nichts zu gewagt erscheinen in einer Zeit, wo selbst ausgezeichnete Astronomen, wie Cardanus, noch in dem neuen Gestirne den Stern der Magier sahen, der, wie damals die Geburt, so jetzt die Wiederkunft Christi verkünde. Da sollte denn dieser Stern aus weiter Himmelsferne sich der Erde genähert haben, um seinen Glanz den Menschen sichtbar zu entfalten, und dann, als er verschwand, genau in gerader Linie wieder in jene Ferne zurückgekehrt sein. Dagegen sprach freilich der Umstand, daß der Stern, trotzdem er ganz plötzlich in vollem Glanze erschienen war, doch zwölf ganze Monate brauchte, um von der ersten bis zur siebenten Größe abzunehmen, während eine Bewegung, wie die angenommene, jedenfalls die gleiche Geschwindigkeit für sein Gehen wie für sein Kommen bedingt hätte. Der schlagendste Einwand aber, den



Das Sternbild des Schlangenträgers.

man freilich damals noch nicht machen konnte, ist in der Geschwindigkeit des Lichtes begründet. Sie werden als die unterste Grenze der Fixsternwelt eine Entfernung kennen lernen, welche zu durchlaufen das Licht mehr als drei Jahre braucht. Befand sich nun selbst jener neue Stern im Augenblicke seines plötzlichen Erscheinens an dieser äußersten Grenze, so mußte er, um aus der ersten in die zweite Größe überzugehen, in eine doppelt so große Entfernung hinausrücken. Dazu hätte er aber, selbst wenn er sich mit der Geschwindigkeit des Lichts bewegte, mindestens drei Jahre bedurft; und so hätten vom Augenblicke seiner Lichtabnahme an bis zu dem Tage, an welchem er in zweiter Größe erschien, mindestens sechs Jahre verfließen müssen. Die ganze Lichtabnahme des Sterns bis zur siebenten Größe würde also die Zeit von 36 Jahren erfordert

haben, eine Zeit, die an sich schon für die Bewegung des Sternes die unglaubliche Geschwindigkeit des Lichtes vorausgesetzt. So vermögen also auch die künstlichen Mittel die thatsächliche Geschwindigkeit des Lichts nicht in Einklang zu bringen mit jenen zwölf Monaten, die in Wirklichkeit die Lichtwandlungen des seltsamen Gestirnes umfaßten.

Vergebens bemühte man sich, eine Ursache zu ersinnen, welche geeignet war, so wunderbare Himmelserscheinungen zu erklären. Tycho blieb bei dem Gedanken stehen, Welten entstehen und untergehen zu lassen, wie die vergänglichen Geschöpfe unserer Erde, Welten in Feuersbrünsten sich verzehren und, um der spätern Beobachtung gerecht zu werden, aus der Asche der alten neue Sonnensysteme aufkeimen zu lassen, die nach kurzem Dasein wieder in Flammen enden sollten. Die Meinung Tycho's und besonders Newton's, der in den neu auflodernden Sternen in Brand gerathene Sonnensysteme zu sehen geneigt war, fand wegen ihrer scheinbaren Ungeheuerlichkeit lange wenig Beifall. Erst der glückliche Umstand, daß am 12. Mai 1866 ein bis dahin unscheinbares Sternchen 9.—10. Größe plötzlich zur 2. Größe anwuchs und daß gleichzeitig die Spektralanalyse zur Untersuchung seines Lichtes angewendet werden konnte, hat der Newton'schen Meinung eine beträchtliche Stütze gegeben. An dem genannten Tage war der Stern an Helligkeit beinahe α in der Krone gleich, er nahm aber so rasch wieder ab, daß er am 16. Mai nur noch einem Sterne 4. Größe gleich kam. An jenem Abende untersuchten Huggins und Miller sein Licht spektroskopisch. Sie fanden zwei übereinander gelagerte Spektra, von denen das eine auf einen glühenden festen oder flüssigen Körper, von ähnlicher Konstitution wie unsere Sonne, das andere aber auf einen glühenden gasförmigen Körper, in welchem Wasserstoff vorwaltete, hinwies. Diese Wahrnehmungen erklären sich am einfachsten durch die Annahme, daß jener Stern durch Herabsturz einer anderen Masse, vielleicht eines Planeten, in sehr heftige Glut versetzt wurde. Eine solche Annahme hat nichts Unwahrscheinliches, besonders wenn man sich alle Umstände der Erscheinung, das schnelle Auflodern und langsame Ver-



Das Sternbild des Perseus.

löschen genau versinnlicht. Wir hätten demnach in den neu auftauchenden Fixsternen die Mittheilungen über wahrhafte Weltkatastrophen vor uns, über Ereignisse, deren furchtbare Großartigkeit unser Vorstellungsvermögen weit übersteigt.

Von den neuen Sternen wenden wir uns zu den sogenannten veränderlichen, jenen Fixsternen, die ihre Helligkeit in mehr oder minder regelmäßigen Perioden wechseln.

Im Sternbilde des Walfisches steht einer der merkwürdigsten Sterne des Himmels, dem schon Hevel vor 200 Jahren den Namen des „wunderbaren", der Mira gegeben hat. Bisweilen überstrahlt der röthliche Glanz dieses Sterns die Sterne zweiter Größe; dann nimmt er wieder allmählich ab bis zur sechsten Größe, ja fast bis zum Verschwinden, um endlich von Neuem wieder aufzuflammen und von Neuem zu verlöschen. Die Zeit dieser Lichtveränderung umfaßt ungefähr 331⅓ Tage, ist aber nicht immer die gleiche, sondern Schwankungen von mehr als 20 Tagen unterworfen, die nach neueren Untersuchungen von Argelander bis auf einige Ausnahmen wiederum durch periodische Gesetze geregelt scheinen. Auch erreicht er nicht immer die gleiche Höhe seines Glanzes und bleibt bisweilen bei dem bescheidenen Schimmer eines Sternes dritter oder vierter Größe stehen, während er vielleicht in der vorhergehenden Periode fast als Stern erster Größe gestrahlt hatte. Ja selbst die Dauer seiner größten Helligkeit ist veränderlich und schwankt zwischen 20 und 30 Tagen.

Im Sternbilde des Herkules sehen Sie einen anderen veränderlichen Stern von nicht minderer Seltsamkeit, den Algol im Kopfe der Medusa. In der überaus kurzen Periode von 68 Stunden 49 Minuten, die überdies selbst in geringem Grade veränderlich ist, behauptet dieser Stern etwa 60 Stunden hindurch den Glanz eines Sternes zweiter Größe, nimmt dann 4½ Stunden hindurch bis fast zur vierten Größe ab und geht in gleicher Zeit wieder zum vollen Glanze über. Nach den Untersuchungen von Schönfeld geht die Ab- und Zunahme der Helligkeit sehr gleichmäßig von Statten. Auch am Halse des Schwans steht ein veränderlicher Stern, der in Perioden von etwa 406 Tagen zwischen 4. und 13. Größe schwankt. Ebenso wechselt der Stern δ im Cepheus mit großer Regelmäßigkeit in je 5 Tagen 8 Stunden 48 Minuten sein Licht, und eine gleich regelmäßige Periode von 10 Tagen 3 Stunden 42 Minuten zeigt ein zwischen dritter und fünfter Größe schwankender Stern in den Zwillingen. Bei diesem Stern nimmt die Dauer des Lichtwechsels oder, wie man zu sagen pflegt, die Periode wahrscheinlich langsam zu. Ein Stern dritter Größe in der Leyer zeigt sogar zweimal innerhalb 12 Tagen 21 Stunden 47 Minuten eine Lichtveränderung, indem er einmal zur vierten Größe, dann, nachdem er den Glanz dritter Größe wiedererlangt hat, zur fünften Größe herabsinkt. Auch dieser Stern zeigt eine Zunahme der Periode, die für jeden Turnus des Lichtwechsels im Mittel $^7/_{10}$ Sekunde beträgt. Ein kleiner Stern in der nördlichen Krone ist sogar mehrmals völlig unsichtbar geworden, während er dann wieder lange Jahre hindurch seine Größe scheinbar völlig unverändert behauptet hat. Auch ein kleiner Stern im Sobiesky'schen Schilde, ein anderer im Wassermann und der bekannte kleine Stern im Schwan, der zu Kepler's Zeit neu erschien, scheinen ähnliche räthselhafte Wechsel zu erleiden.

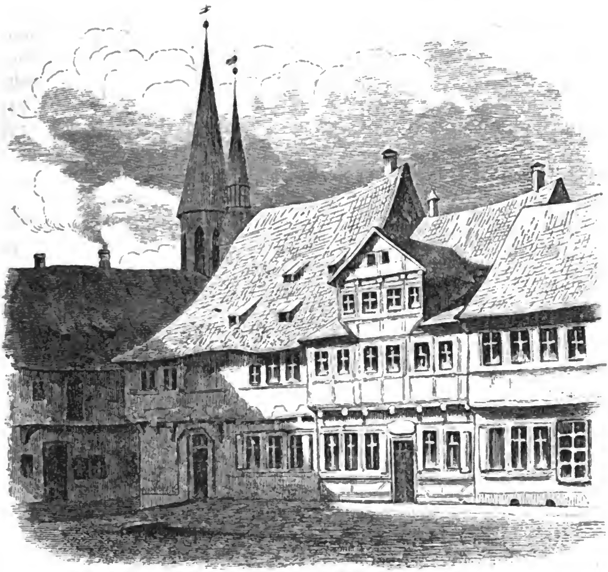
Noch sind nicht mehr als 220 Jahre verflossen, seit zum ersten Male die Aufmerksamkeit der Astronomen auf diese veränderlichen Sterne gelenkt wurde. **Mira, Algol** und der Stern am Halse des Schwans waren die ersten und einzigen Sterne dieser Art, von welchen das 17. Jahrhundert eine Kunde erlangte. Gegenwärtig ist die Zahl der veränderlichen Sterne auf fast 140 angewachsen, diejenigen ungerechnet, deren Veränderlichkeit noch nicht hinreichend feststeht. Es sind mehrere glänzende Sterne darunter, wie der prachtvolle Stern an der rechten Schulter des Orion, die Hauptsterne der Kassiopeja, des Herkules und der Wasserschlange. Auch Capella und Wega, der Polarstern und einige der schönen Sterne des großen Bären dürften unzweifelhaft in diese Klasse der veränderlichen Sterne gehören. Eine besondere, erst in neuester Zeit näher erforschte Art solcher Sterne zeigt neben dem Helligkeitswechsel auch eine Veränderung der Farbe. Einer der merkwürdigsten hierhin gehörigen Sterne ist α im großen Bären, der in einem Zeitraum von etwa 5 Wochen seine Farbe zwischen chromgelb und feuerroth verändert. Die Lichtveränderungen anderer Sterne dagegen, wie des Castor in den Zwillingen und des Alphard in der Wasserschlange, an die man lange Zeit glaubte, scheinen auf der irrthümlichen Annahme zu beruhen, daß bei der seit Anfang des 17. Jahrhunderts von Bayer eingeführten Buchstabenbezeichnung der Sterne vorzugsweise auf die Helligkeit, nicht aber auch auf Gestalt und Richtung der Sternbilder Rücksicht genommen sei.

Den seltsamsten Reichthum an Veränderungen, in denen sich bisher noch nicht die geringste periodische Regelmäßigkeit entdecken ließ, zeigt ein Stern des südlichen Himmels, der Stern η im Schiffe. Schon von Halley im J. 1677 als Stern vierter Größe beobachtet, hatte er sich im J. 1751 zur zweiten Größe erhoben, war aber wieder im J. 1811 zur vierten Größe herabgesunken. Abermals erhob er sich im J. 1822 zum Sterne zweiter Größe; sein Glanz erreichte im J. 1827 sogar den Glanz des Hauptsternes im südlichen Kreuze, um aber bald wieder zur zweiten Größe herabzusinken und diese Helligkeit mit geringen Schwankungen bis zum J. 1837 zu behaupten. Sie werden das Staunen begreifen, das den Astronomen John Herschel erfaßte, als er bei seinem Aufenthalt am Vorgebirge der guten Hoffnung am 16. Dezember 1837 denselben noch wenige Wochen vorher beobachteten Stern plötzlich zu einem Glanze angewachsen fand, daß er alle Sterne erster Größe außer Kanopus und Sirius überstrahlte. Ja, dieser Glanz nahm sogar nach einer kurzen Periode der Abschwächung im Jahre 1843 in einem solchen Grade zu, daß er dem des Sirius fast gleich geschätzt wurde. Von diesem Jahre an nahm der Glanz des Sternes wieder ab, so daß er 1858 kleiner als γ im Kreuze war, im Jahre 1865 nach den Beobachtungen von Mösta aber kaum der 6. Größe gleich erschien.

Gewiß ist es schwierig, auch nur einigermaßen annähernde Erklärungen für diese so mannichfaltigen und wunderbaren Lichterscheinungen der Fixsternwelt zu finden. Man hat seine Zuflucht zu einer Axendrehung der Sterne genommen, durch welche uns bald hellere, bald dunklere Seiten zugewendet werden sollten. Diese Annahme würde einigermaßen für die periodisch veränderlichen Sterne passen, wenn nicht auch hier die Unregelmäßigkeit der Lichtperioden, namentlich jenes plötzliche Aufflammen des Lichtes vom tiefsten Dunkel zum

höchsten Glanze und jene ungleiche Geschwindigkeit der Ab- und Zunahme des Lichtes dagegen spräche. Man hat ferner zur Erklärung dieser Erscheinungen seine Zuflucht zu kosmischen Gewölken genommen, welche zeitweise durch ihr Dazwischentreten den Glanz der Gestirne verdunkeln sollten. Ja man hat sogar endlich eine Astronomie des Unsichtbaren heraufbeschworen und dunkle Sonnen erfunden, welche von leuchtenden umkreist werden sollen. Aber auch diese Annahme würde nur in wenigen Fällen das Räthsel lösen, nämlich bei denjenigen Sternen, welche wie Algol nur eine auf wenige Stunden beschränkte Helligkeitsänderung zeigen. Ein merkwürdiges Gesetz offenbart sich in der Zu- und Abnahme des Lichtes, indem der größte Theil der veränderlichen Sterne schneller an Licht zunimmt als abnimmt. Dies deutet auf eine Ursache, die weit durch das Universum hindurch wirksam und in der Konstitution der Sterne selbst begründet erscheint. Jedenfalls hat die Forschung hier noch nichts erwiesen, und wir müssen einstweilen noch alle diese Erklärungen mit Humboldt in ein mythisches Gebiet der Astronomie verweisen.

Die Seltsamkeit in den Lichtverhältnissen der Sternenwelt wächst überdies noch durch die Mannichfaltigkeit der Farben, die sie darbietet. Allerdings ist das reine Weiß die vorherrschende Farbe des Sternlichtes; aber daneben herrscht in augenfälliger Weise das Roth; und Gelb, Blau, Grün, Violett und Purpur sind nicht selten vorkommende Sternfarben. Man wird kaum anders als in den Gestirnen selbst und in ihrer Naturbeschaffenheit die Ursachen dieser Farbenverschiedenheit suchen können. Da bietet sich aber eine neue Schwierigkeit in einer kaum noch zweifelhaften Farbenveränderung mehrerer Sterne im Laufe sehr langer Perioden. So wurde der Sirius von den Alten als roth bezeichnet, und auch Ptolemäus giebt ihm dieselbe Farbe wie dem Arktur und Beteigeuze. Seit Tycho's Zeit ist der Sirius nie anders als weiß gesehen worden, während die beiden andern Sterne noch heute ihre rothe Farbe zeigen. Auch bei zwei Sternen des Löwen und Delphin scheint in neuerer Zeit eine Farbenveränderung stattgefunden zu haben, und die Röthe des Arktur soll nach Schmidt's Beobachtungen in Abnahme begriffen sein. Freilich wird man auch über diese Veränderungen nicht so bald zu sicheren Thatsachen gelangen. Klare Aufschlüsse vermochte ich Ihnen über alle diese wunderbaren Ereignisse der Fixsternwelt nicht zu bieten; aber meinen Zweck habe ich gleichwol erreicht. Der Glaube an die Unwandelbarkeit und Festigkeit des Fixsternhimmels ist Ihnen zerstört. Sie haben die festen Sterne sich bewegen, haben die ewigen Sonnen aufflammen und erbleichen sehen; eine Wandelbarkeit hat sich Ihnen in diesen Räumen aufgethan, wie Sie solche in unserer planetarischen Heimat nicht kannten. Gleichwol habe ich nur die äußere Schale des Himmels zertrümmert. Nur den Schein des Ewigen und Unveränderlichen habe ich vernichtet; das innerlich und wahrhaft Ewige wird um so klarer hervortreten. Der Himmel ist vor Ihnen geöffnet; lassen Sie uns eintreten und mit dem festen, ruhigen Schritte der Wissenschaft seine Räume durchwandeln. Lassen Sie uns mit einem geeigneten Maßstabe diese gewaltigen Räume durchmessen und den Beruf und das Leben der Welten erforschen, in denen Sie so lange nur leuchtende Punkte sahen. Der Gedanke des Ewigen, das Gesetz, wird uns auch in jenen Fernen nicht fehlen.



Geburtshaus von Gauß.

Viertes Kapitel.

Die Grenzen der Fixsternwelt.

Wenn Du nicht irrst, kommst Du nicht zu Verstand;
Willst Du entsteh'n, entsteh' auf eig'ne Hand!

Als wir zuerst hinaustraten in die schweigende Nacht, um unsere Vorbereitungen für die Reise zu treffen, die wir durch die Tiefen des Himmels unternehmen wollten, da haben wir uns vorzugsweise mit den Mitteln beschäftigt, genaue Ortsbestimmungen am Himmel vorzunehmen und unsere Beobachtung unabhängig zu machen von jedem Schwanken der Erde in ihrem jährlichen Laufe, von jeder Täuschung, welche uns selbst der Lichtstrahl durch Störungen auf seinem Wege oder durch seine natürliche Trägheit bereiten könnte. Jetzt fühlen wir uns im Stande, die Himmelsräume zu durchmessen. Die Eigenbewegung der Sterne hat uns davon überzeugt, daß eine Verschiedenheit unter den Entfernungen der Sterne von uns bestehen muß; es war die erste und wichtigste Thatsache, welche den Krystallhimmel der Alten wahrhaft und für immer zerstörte. Das ist keineswegs so paradox, als es Ihnen vielleicht scheint, wenn Sie an das verhältnißmäßig jugendliche Alter dieser Thatsache denken. Denn in Wahrheit glaubten noch die Astronomen gegen Ende des 16. Jahrhunderts an ineinandergefügte körperliche Bahnen der Sterne und erklärten den

plötzlich aufflammenden Glanz neuer Sterne aus einer den Linsen unserer Leuchtthürme ähnlichen Wirkung ihrer ausgebauchten Bahnen.

Da wir unmöglich mit einem Meterstab oder einer Meßkette den Himmel durchmessen können, so müssen wir uns auf solche Mittel beschränken, mit denen wir irdische Entfernungen abzuschätzen pflegen. Da sind wir denn zunächst auf unsere beiden Augen angewiesen. Ich sage nicht umsonst: beide Augen. Denn eines vermag niemals über Entfernungen zu entscheiden. Alles, was ein Auge uns zu sagen vermag, ist, daß ein Gegenstand sich in einer gewissen Richtung befinde. Wenn wir aber mit beiden Augen sehen, so tritt ein bestimmter Unterschied in der Richtung der beiden Augen ein. Je näher der Gegenstand ist, desto mehr müssen wir die Augen einwärts kehren, und die Empfindung dieser Augenbewegung ist es, welche in uns eine Vorstellung von der Entfernung des Gegenstandes erweckt. Wenn Sie daran zweifeln, so können Sie sich durch einen einfachen Versuch überzeugen, der vielleicht manchmal bereits zu Scherz und Kurzweil im heiteren Gesellschaftskreise von Ihnen angestellt wurde. Lassen Sie sich ein Auge verbinden und versuchen Sie es dann, ohne freilich den Kopf im geringsten zu bewegen, ein vor Ihnen auf dem Tische stehendes Licht zu putzen. Es wird Ihnen nicht leicht gelingen; Sie werden mit der Lichtscheere bald weit von dem Lichte entfernt bleiben, bald darüber hinausfahren, weil Sie mit dem einen Auge eben die Entfernung nicht abschätzen können.

Dieser Unterschied in der Richtung zweier Augen ist es nun in der That, der auch allen Messungen am Himmel zu Grunde liegt; es ist im Wesentlichen die Parallaxe der Astronomen. Nur ist für den Astronomen die Erde selbst zum Kopfe geworden, und seine beiden Augen sind Sternwarten. Vermag also eine gleichzeitige Beobachtung von zwei Sternwarten auf der Erde irgend einen merklichen Unterschied in der Richtung eines Sternes nachzuweisen, so ist die Parallaxe gefunden, und die Entfernung des Sternes läßt sich nun nach dem Abstande dieser beiden Sternwarten von einander gerade so berechnen, wie wir mit unseren Augen die Abstände naher Gegenstände auf der Erde abschätzen.

Freilich kommt jetzt Alles darauf an, wie weit wir überhaupt im Stande sind, solche Richtungsunterschiede zu beurtheilen. Bei unseren Augen ist es die Muskelbewegung selbst, die sich mißt. Der Astronom hat dafür seine Winkelinstrumente und Mikrometer, wie Sie dieselben kennen gelernt haben, und in deren Vervollkommnung die mechanische Kunst Wunderbares geleistet hat. Aber, fragen Sie, werden ihn nicht diese Instrumente am Ende ebenso verlassen, wie uns unsere Augen bei Entfernungen, die über tausend Meter hinausgehen? Sie müssen, um sich eine Vorstellung von der Größe der hier in Betracht kommenden Winkel zu verschaffen, bedenken, daß eine Kugel von etwa 3 cm. Durchmesser uns in einer Entfernung von etwa 100 Metern unter einem Gesichtswinkel von 1 Minute, aber erst in einer Entfernung von etwa 6000 Metern unter dem Gesichtswinkel von 1 Sekunde erscheinen wird. Dasselbe Verhältniß gilt nun auch für den Himmel. Eine Parallaxe von 1 Sekunde wird auch hier einem Abstande entsprechen, welcher 206205mal das Grundmaß, d. h. den gegenseitigen Abstand der Beobachtungsorte übertrifft. Sie können es sich also geradezu so vorstellen, als ob sich Ihr Auge an dem Himmelspunkte, dessen

Entfernung Sie messen wollen, befände und von dort aus die Linie zwischen den irdischen Beobachtungsörtern betrachtete. Es läßt sich nun sehr leicht berechnen, daß nur eine Entfernung von etwa 350 Millionen Meilen dazu gehörte, damit unsere Erde selbst Ihnen unter dem Gesichtswinkel von 1 Sekunde erschiene. Sie sehen also, wie weit auch jene beiden Sternwarten auf der Erde auseinander liegen möchten, und wäre es um den ganzen Durchmesser der Erde, um 1718 Meilen, so würde selbst eine Parallaxe von 1 Sekunde, die wir zu beobachten im Stande wären, doch nur einer Entfernung von 350 Millionen Meilen entsprechen, und wir würden damit noch nicht einmal über unser Planetensystem, kaum über den Neptun hinaus gelangt sein. In solcher Nähe aber Fixsterne suchen zu wollen, wäre Thorheit. Damit ist uns von vornherein jede Aussicht abgeschnitten, von der Erde aus, wie weit wir auch unsere beiden Augen auseinander zerren möchten, eine Fixsternparallaxe zu beobachten. Für die ruhende Erde sind die Sterne eben unerreichbare, festgeheftete Sterne.

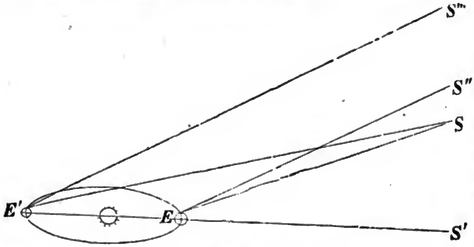
Weite Entfernungen können wir indeß auch auf der Erde nicht mit unseren beiden Augen abschätzen, weil unsere Empfindung zuletzt schweigt, unser Gehirn nichts mehr bemerkt von den unendlich kleinen Drehungen der beiden Augenaxen. Wir machen es dann wie der Einäugige, der, um selbst kleine Entfernungen abschätzen zu können, den Kopf ein wenig zur Seite bewegen muß, und wir sind ja in der That in Bezug auf den entfernten Gegenstand einäugig geworden. Wir bewegen uns daher eine Strecke fort und vergleichen den neuen scheinbaren Ort des fernen Gegenstandes mit dem alten, dessen wir uns vorher auf das genaueste versichert haben. Wir gewinnen so wieder einen Winkelunterschied, eine Parallaxe, die uns auf die Entfernung des Gegenstandes im Verhältniß zur neuen Grundlinie, d. h. zum Abstande der beiden Beobachtungsörter, schließen läßt.

Auch dem Astronomen ist, wie Sie gesehen haben, die Erde einäugig geworden, und da er sie nicht verlassen und etwa auf einem fernen Himmelskörper sich eine zweite Sternwarte errichten kann, so läßt er sich sammt seiner Sternwarte, seinem großen Weltauge, von der Erde selbst 40 Millionen Meilen weit durch den Weltraum tragen. So hat er eine gewaltige Grundlinie gewonnen, und es ist begreiflich, daß diese nicht ebenso in der Unermeßlichkeit des Weltraumes verschwindet, wie es uns mit der Erde selbst geschah.

So lange unsere Erde für stillstehend galt, lag in einer Unverrückbarkeit der Fixsterne nichts Befremdendes. Als Kopernikus seinen bedeutungsvollen Satz von der Bewegung der Erde um die Sonne aufstellte, war dieser zunächst noch nichts, als was die Theologen ein Dogma nennen möchten, ein Glaubenssatz, der sich auf eine Menge von Vernunftgründen stützte, für den aber noch kein thatsächlicher Beweis in der Natur gefunden war. Aber die naturwissenschaftlichen Dogmen sind nicht beschränkende, der Forschung Stillstand gebietende Normen, sondern gleichsam Aufrufe an die gesammte Forscherwelt, Ausgänge unendlich segensreichen Schaffens. Das Kopernikanische Dogma verlangte einen Beweis, und kein besserer konnte gefunden werden, als die Parallaxe der Fixsterne, da sie mit Nothwendigkeit aus einer fortschreitenden Bewegung der Erde folgen muß.

Kopernikus, Tycho Brahe und die ganze Reihe der Astronomen des 17. und 18. Jahrhunderts suchten ohne Unterlaß nach einer Parallaxe der

Fixsterne. Sie beobachteten einen Stern S'' einmal in der Stellung der Erde E, dann ein halb Jahr später in der Stellung E'. Aber vergebens, die beiden Richtungen ES'' und E' S''' blieben parallel, als ob der Stern in unendlicher Ferne stände. Es fand sich nicht ein einziger Stern, der für zwei solche Beobachtungen einen meßbaren Winkelunterschied ESE' ergeben hätte. Glaubte man einmal einen solchen Unterschied ermittelt zu haben, so lag er so weit außer aller Wahrscheinlichkeit, daß man ihn nur aus Irrthümern der Beobachtung ableiten konnte. Dessenungeachtet ermüdete man nicht. Man suchte vor Allem die Grenzen der Beobachtung weiter hinaus zu schieben, und damit rückten freilich auch die Sterne tiefer in die Himmelsnacht hinaus. Bis zur Mitte des 16. Jahrhunderts war die Genauigkeit der astronomischen Messung nicht über halbe Grade hinausgegangen, und da eine Parallaxe nicht innerhalb dieser Grenzen gefunden ward, mußte man schließen, daß die Fixsterne mehr als 115 Halbmesser der Erdbahn von uns entfernt seien. Tycho Brahe brachte die Sicherheit seiner Beobachtung schon auf 5 Minuten und damit die Grenze des Fixsternhimmels auf 700 Sonnenweiten. Zu Anfang des 18. Jahrhunderts konnte man sich selbst auf einzelne Minuten verlassen, und Bradley's sinnreiche Verbesserungen gaben endlich eine Gewähr selbst für Sekunden. Jetzt war eine Grenze erreicht, innerhalb deren sich eine Parallaxe zeigen mußte, wenn nicht die Fixsterne auf mehr als 200,000 Sonnenweiten in den fernen Raum hinausgestoßen werden sollten.



Erklärung der Parallaxe der Fixsterne.

Freilich kam hier noch eine andere Frage ins Spiel, ob man nämlich bisher auch im Stande gewesen war, die Ortsbestimmung der Sterne sorgfältig von jeder fremden störenden Einwirkung frei zu erhalten. Jetzt kam Bradley und entdeckte die Lichtabirrung der Sterne als eine unmittelbare Folge der Bahnbewegung der Erde und damit als ihren ersten direkten Beweis. Es war eine scheinbare Ortsveränderung von etwa $20^1/_4$ Sekunden, welche diese Lichtabirrung für die Sterne bewirkte. Dazu kam nun noch das Vorrücken der Nachtgleichen, welches jährlich 50, und das Wanken der Erdaxe, welches bis 9 Sekunden im Jahre betragen kann. Bei solchen Störungen war das bisherige Mißlingen alles Suchens nach einer Parallaxe nicht mehr befremdend. Jetzt aber, wo man seine Beobachtungen in so sicherer Weise berichtigen konnte, ging man mit frischem Muthe an die nie verlassene Arbeit, und nachdem man auch die Schärfe der Beobachtungsmittel auf Zehntelsekunden gesteigert, also die Grenzen des erreichbaren Himmelsraumes auf 2,062,648 Sonnenweiten erweitert hatte, durfte man hoffen, daß es gelingen müsse, nicht mehr in Zweifel zu ziehende

Parallaxen der Fixsterne aufzufinden. Gleichwol sollte noch manches Jahrzehnt vergehen, ehe die langjährige Mühe der Astronomen durch den Erfolg gekrönt ward.

Die Schwierigkeiten waren noch immer nicht ganz beseitigt. Die beiden Beobachtungen eines Sternes, durch welche man seine Entfernung messen wollte, mußten zu zwei entgegengesetzten Zeiten des Jahres ausgeführt werden, und derselbe Stern, den man das eine Mal im Meridian bei Nacht und zur Winterszeit beobachtete, erschien das andere Mal im Meridian bei Tage und zur Sommerszeit. Die Beschaffenheit der Luft ist aber in beiden Zeiten sehr verschieden, und damit auch ihr Einfluß auf das Instrument, auf die kleinen Theilungsfehler, vor Allem auf die Brechung des Lichtes verschieden. Auch die abweichenden Werthe der Nutation und Lichtabirrung können leicht eine kleine Unsicherheit in der beobachteten Parallaxe bewirken. Selbst die gewissenhafteste Erwägung aller Nebenumstände konnte also nicht vor Fehlern schützen, die, wenn sie sich auch nur in Grenzen von Zehntelsekunden bewegten, schon die ganze beobachtete Parallaxe vernichten mußten.



Das Sternbild der Zwillinge.

Endlich fragte es sich auch — und diese Frage war gewiß nicht gleichgiltig — welcher unter den vielen Tausend Sternen wol am geeignetsten für eine solche Beobachtung sei, welcher wol die größte Wahrscheinlichkeit einer meßbaren Entfernung biete. Daß die hellsten Sterne nicht auch immer die nächsten sind, das hatten die vielfachen verunglückten Versuche, ihre Parallaxe zu finden, hinlänglich bewiesen. Aber wenn man sich nun zu den schwächeren Sternen wandte, welchen sollte man aus diesen Hunderttausenden herausgreifen, ohne die Gefahr jahrelanger, fruchtloser Mühen zu laufen? Da war es der Scharfsinn Bessel's, des Königsberger Astronomen, der einen Ausweg aus allen diesen Schwierigkeiten fand und ein neues Mittel ersann, den Himmel zu erobern. Er bot auf der einen Seite eine gewisse Anleitung zur Wahl derjenigen Gestirne, welche die meiste Aussicht auf Erfolg versprachen, und gewährte auf der anderen Seite gleichzeitig ein Mittel, um unter den gleichen Bedingungen der Jahreszeiten messen zu können, unabhängig von allen Störungen der Luft oder der Erdbewegung, ja sogar unabhängig von dem Winkelinstrument, in ähnlicher Weise

etwa, wie man unter dem Mikroskope zu messen pflegt, mit Hülfe eines gewöhnlichen Mikrometers. Mit Einführung dieser sinnreichen Methode beginnt in den Jahren 1832—1838 die glückliche Epoche einer zuverlässigen Bestimmung von Fixsternparallaxen.

Ich muß Sie hier auf eine nicht genug beachtete Erfahrung in der Geschichte der Wissenschaften aufmerksam machen. Ihre glücklichsten Entdeckungen verdankt die Wissenschaft der Uebertragung bekannter Verhältnisse auf unbekannte Gebiete. Es ist aber keineswegs blos ein glücklicher Einfall, der dazu anleitet, sondern vielmehr die unantastbare und ewige Grundwahrheit, daß ein gleiches Gesetz sich durch alle Räume und Erscheinungsformen der Natur zieht. Der Wanderer im Walde sieht rechts und links die Bäume an sich vorüberziehen, und je schneller sie ziehen, desto näher weiß er sie. Diese Erfahrung war es, welche Bessel auf den Himmel übertrug. Die Eigenbewegung der Sterne hatte ihn gelehrt, daß auch wir mit unserer Erde und unserem Sonnensysteme durch den Sternwald des Himmels dahineilen und daß die Sterne rechts und links an der wandernden Sonne vorüberfliegen, gleich jenen Bäumen. Welcher Schluß lag näher, als daß auch hier der größeren Geschwindigkeit die größere Nähe entspreche, ausgenommen etwa jene Gegend des Himmels, nach welcher unsere Wanderung hingerichtet ist? Bessel zog diesen Schluß. Er nahm die Eigenbewegung der Sterne als ein Anzeichen ihrer Nähe.

Die Erfahrung bestätigte bald die Muthmaßung Bessel's. Unter den hellen Sternen des Himmels waren es besonders Sirius und Arktur, welche eine starke Eigenbewegung zeigten, und gerade sie waren es gewesen, die noch am meisten die Hoffnung der Astronomen auf das Auffinden einer Parallaxe aufrecht erhalten hatten. Aber die größte Aufmerksamkeit Bessel's erregte ein kleiner Stern im Schwane, der in so vielfacher Beziehung berühmt gewordene 61ste dieses Sternbildes, der sich durch eine so bedeutende Eigenbewegung hervorthat, daß seine Ortsveränderung am Himmel seit dem Anfange unserer Zeitrechnung, wie Sie bereits wissen, über sechs Vollmondbreiten erreicht hat. An ihm hoffte Bessel mit Zuversicht eine Parallaxe zu finden, und er täuschte sich nicht.

Bei der zu erwartenden Kleinheit dieser Parallaxe kam es aber, wie ich vorhin andeutete, darauf an, die störenden Einflüsse der Erdbewegung und der Atmosphäre aus der Beobachtung zu entfernen. Es ist die zweite wichtige Seite der Bessel'schen Methode, die ich hier berühre. Wieder half hier eine alltägliche Erfahrung. Im Walde vermag ein Wanderer die scheinbare Ortsveränderung eines Baumes am besten an einem anderen dicht daneben, aber in möglichster Ferne dahinter stehenden Baume zu beobachten. Warum sollte das nicht auch auf den Himmel eine Anwendung finden? Man darf ja nur zwei nahe neben einander stehende Sterne S'' und S''' aufsuchen, so nahe, daß vielleicht nur das Fernrohr sie scheidet, von denen aber der eine S''' unermeßlich weit entfernt ist, so daß keine Veränderung seiner Stellung an ihm wahrgenommen werden kann. Gestattet der andere Stern dann überhaupt die Beobachtung einer Parallaxe, so hat man nur zu zwei um ein Halbjahr verschiedenen Zeiten des Jahres bei den Stellungen der Erde in E und E' die von den Sternen gebildeten Winkel S E S'' und S E' S''' zu beobachten, deren Unterschied die Parallaxe angiebt.

Diese Beobachtungen sind völlig unabhängig von den Störungen der Lichtbrechung, da beide so nahe Sterne jedenfalls gleiche Lichtbrechung erleiden, aber auch unabhängig von dem Vorrücken der Nachtgleichen, dem Wanken der Erdaxe und der Lichtabirrung, da auch diese Einflüsse bei jeder Beobachtung für beide Sterne die gleichen sind, also den gemessenen Winkel ungestört lassen. Ueberdies sind beide Sterne gleichzeitig im Felde des Fernrohres sichtbar und gestatten daher die Messung ihres Abstandes mit einem gewöhnlichen Mikrometer vorzunehmen, dessen Feinheit eine außerordentliche ist. Die ganze Unsicherheit beschränkt sich einzig auf die vielleicht bisweilen irrige Voraussetzung des völligen Mangels einer Parallaxe bei dem fernen Vergleichsterne.

Auf diese Weise hat Bessel in den Jahren 1837—1838 die Parallaxe des 61sten Sternes im Schwane bestimmt. Seine Untersuchungen sind später von Struve, Johnson und Auwers fortgesetzt worden und haben auf eine Parallaxe von 0,511 Sekunden und damit auf eine Entfernung des Sternes von 403,600 Erdbahnhalbmessern oder 8 Billionen Meilen geführt.

Andere Astronomen, namentlich die beiden Struve und Peters im Norden, Maclear und Henderson im Süden, folgten ihm auf diesem Wege, und ihren vereinten Bemühungen ist es gelungen, für eine freilich noch kleine Zahl von Sternen Parallaxen zu finden, deren einige eine solche Genauigkeit besitzen, daß ihre wahrscheinliche Unsicherheit kaum noch den zwanzigsten Theil ihres wahren Werthes erreichen dürfte.

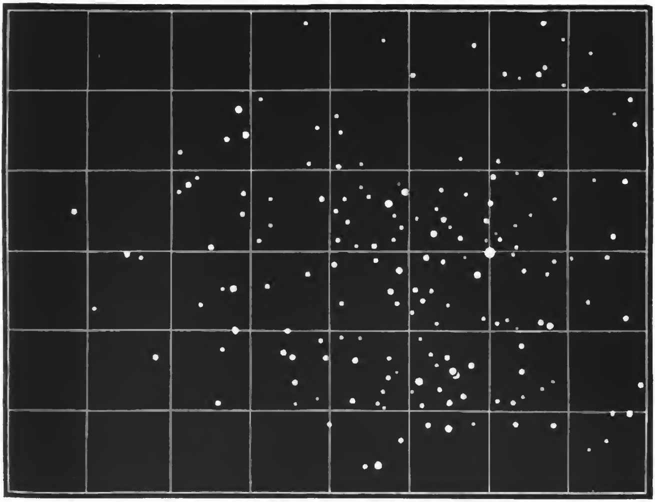
Unter allen diesen bisher bestimmten Parallaxen ist eine der sichersten und zugleich bedeutungsvollsten die eines schönen Sternes des südlichen Himmels, des Hauptsternes des Centauren. Es ist die größte bisher gefundene Parallaxe, die darum diesen Stern als den nächsten aller bisher bekannten bezeichnet. Die neuesten Beobachtungen haben diese Parallaxe zu 0,919 Sekunden festgestellt, und das entspricht einem Abstande von 224,520 Sonnenweiten oder $4^2/_3$ Billionen Meilen. Minder zuverlässig ist die Parallaxe der Wega, die von O. Struve 0,156 Sek. angegeben wird und also 1,322,210 Sonnenweiten oder $27^1/_3$ Billionen Meilen entspricht. Brünnow hat später durch zahlreiche neue Messungen die Parallaxe der Wega zu 0,2061 Sekunden bestimmt, welcher eine Entfernung von 20 Billionen Meilen entspricht. Noch weniger sicher ist die von Peters bestimmte Parallaxe des Polarsternes, die 0,076 Sekunden beträgt, also auf einen Abstand von 2,700,000 Sonnenweiten oder 54 Billionen Meilen hindeutet. Die Parallaxe des Sirius beträgt 0,193 Sekunden, einem Abstande von 1,069,000 Sonnenweiten oder 20 Billionen Meilen entsprechend. Unsicher sind die Parallaxen des Arktur und der Capella, erstere im Betrage von 0,127 Sekunden und einer Entfernung von 1,624,000 Sonnenweiten oder 32 Billionen Meilen entsprechend, letztere im Betrage von 0,046 Sekunden und die Entfernung auf 4,484,000 Sonnenweiten oder 90 Billionen Meilen festsetzend. Andere Angaben für Castor, einen kleinen Stern des großen Bären, einen anderen der Kassiopeja, den zweiten Hauptstern des Centauren ꝛc., befriedigen noch zu wenig in Betreff ihrer Sicherheit, um für jetzt Beachtung zu verdienen.

Zu fassen werden Sie in Ihrer Vorstellung diese ungeheueren Räume, diese Billionen von Meilen, nicht vermögen. Dazu ist jedes irdische Maß zu klein.

Gleichwol will ich versuchen, sie Ihrer Anschauung näher zu bringen, indem ich einem bekannten irdischen Gebrauche mich anbequeme, Märsche nach Stunden zu messen. Ich wähle aber den schnellsten Läufer zwischen Himmel und Erde, den Lichtstrahl, um jene Räume zu durchmessen. Der Raum nun, welchen dieser Lichtstrahl, der bekanntlich in 8 Minuten 18 Sekunden den Weg von der Sonne zu uns zurücklegt, in einem Jahre durchläuft, sei unsere himmlische Wegstunde, ein Raum, welcher 63,000 Sonnenweiten, jede zu 20,000,000 Meilen gerechnet, umfaßt. 3 Jahre und 199 Tage würde also das Licht gebrauchen, um den Raum zu durchmessen, der jenen bis jetzt für den nächsten aller Fixsterne gehaltenen Stern im Centauren von uns trennt. 6 Lichtjahre würden die Entfernung jenes kleinen Sternes im Schwan, 14 Lichtjahre die Entfernung des Sirius, 21 Lichtjahre die Entfernung der Wega, 26 die des Arktur, 43 die des Polarsternes und 70 Lichtjahre den Abstand der Capella messen.

Aber alle diese Messungen, mit welcher Genauigkeit sie auch angestellt sind, welche Zuverlässigkeit auch einzelne unter ihnen verdienen, setzen doch fast nichts weiter fest, als die Grenze der Entfernung, innerhalb welcher die beobachteten Sterne sich nicht befinden. Jede fernere Beobachtung kann also auch diese Grenze weiter hinausrücken. Endlich freilich wird es der Wissenschaft gelingen, auch eine jenseitige Grenze festzustellen, über welche hinaus der beobachtete Stern nicht gerückt werden darf. Dann wird die Wahrheit nur noch zwischen zwei Grenzen schwanken, und es wird nur noch einer Annäherung dieser Grenzen bedürfen, um uns eine Kenntniß von den Raumverhältnissen der Fixsternwelt zu gewähren, die keineswegs zurückstehen wird hinter der Kenntniß, die wir von unseren planetarischen Räumen erlangten. Das Mittel zur Feststellung einer solchen oberen Grenze der Fixsternwelt ist in der That theoretisch bereits gefunden. Um es Ihnen aber verständlich zu machen, müssen Sie mit mir erst jene fernen Räume durchschweifen, um von einer Erscheinung Kunde zu erlangen, die Ihnen zuerst einen Blick in das innere Getriebe jener fernen Welten, in die Gesetze des Jenseits erschließen wird. Denn auf diesen Gesetzen beruht der Grundgedanke jenes sinnreichen Verfahrens.

In unermeßliche Fernen habe ich Sie geleitet. Lichtstrahlen sind Ihnen begegnet, die lange vor Ihrer Geburt von den Welten des Himmels ausgingen. Wenn heute dort in den Tiefen eine solche Welt zertrümmert würde, eine Sonne verlöschte, nach Jahrhunderten noch würde die Menschheit von den Lichtstrahlen der verschwundenen Welt getroffen werden und erst staunen über ihren Untergang, wenn sie längst nicht mehr da ist. Denn was hindert Sie, auf den Schwingen des Gedankens in Tiefen zu dringen, aus denen der Lichtstrahl Jahrhunderte und Jahrtausende braucht, um zur Erde zu gelangen? Was hindert Sie, von Welten zu Welten zu eilen, zu denen jetzt erst Lichtstrahlen gelangen, die aus den dunklen Anfängen der Menschengeschichte aufstiegen? Was hindert Sie? — sage ich noch! — Die Wissenschaft wird Sie zwingen zu solchem Fluge, und der Gedanke selbst wird Ihnen schwindeln vor den Zahlen des Jenseits, die Lichtjahre umfassen! Und doch sollen Sie Ruhe finden, Ruhe selbst in jener Unermeßlichkeit, die Ruhe gesetzlicher Ordnung und Einheit!



Sternhaufen im Sobiesky'schen Schilde. Nach Helmert.

Fünftes Kapitel.

Die Doppelsterne und die mehrfachen Sterne.

Ein Licht zu suchen, das den Geist entzünde,
War ein gemeinsam köstliches Betrachten,
Ob nicht Natur zuletzt sich doch ergründe.
Und manches Jahr des stillsten Erdenlebens
Ward so zum Zeugen edelsten Bestrebens.

Viele Billionen Meilen weit haben wir uns über unsere Erde, über unser Sonnensystem erhoben. Erde und irdisches Maß sind vergessen; denn das Sonnensystem selbst ist längst zu einem Punkte geschwunden. Hier gebraucht selbst der schnelle Flug des Lichtes Jahre, um die Räume von einer Welt zur anderen zu durchmessen. Der Himmel hat jetzt eine andere Bedeutung für uns gewonnen. In solchen Entfernungen erweitern sich die kleinsten Räume zu gewaltigen Weiten. Ein Pünktchen von der Größe der Venusscheibe dehnt sich in den Fernen der Wega zu einer Größe von vielen Millionen Meilen aus, zu einer Größe, die weit den Umfang unseres gesammten Sonnensystems übertrifft. Sollte die Hoffnung nicht berechtigt sein, daß in solchen Räumen auch neue Wunder sich aufthun werden? Sollte nicht, wie das Mikroskop den Wassertropfen in eine Lebenswelt verwandelt, so das Teleskop auch den Lichttropfen am Himmel — denn das ist für unsere Augen ein Kreis vom Durchmesser einer Sekunde, gleichviel ob er in den Fernen der Wega 140 Millionen oder in den Fernen der Capella 460 Millionen Meilen umspannt — zu einer wunderreichen Welt erweitern! Es ist Zeit, daß wir uns nach diesen Wundern umschauen,

daß wir auch dem Auge nahe rücken, was dem erwägenden Gedanken und messenden Verstande durch die Zahl schon genähert ist.

In den Sitten und Gebräuchen des Volkes erblicken wir bisweilen auch noch vereinzelte Lichtstrahlen früherer Jahrhunderte. Aber der Geist ist aus diesen Formen entschwunden. Die Einflüsse der Kultur oder die Gebote der Mächtigen haben die Gedanken daraus vertrieben. Anders ist es in den Himmelsräumen als in der Geschichte. Die Gedanken schwinden hier nicht, sie wachsen. Der kleinste Gedanke breitet hier allmächtig seine Schwingen über die ganze Welt des Himmels aus, um zuletzt uns selbst und unseren Wohnsitz aufzunehmen unter den Schutz ewiger Gesetze. Nicht ferner rückt uns das Leben des Himmels, sondern immer näher und näher, zu einem Vorbilde unseres eigenen sich gestaltend. Es ist Zeit, daß wir solche Gedanken in die Wirklichkeit umsetzend jenes Leben am Himmel aufsuchen.

Glänzende, mächtige Welten umschweben uns, lichtvolle Riesensonnen. Wir haben die öderen Regionen verlassen; nicht mehr vereinzelt, zerstreut erscheinen die Welten; immer dichter schaaren sie sich, selbst zu Gruppen scheinbar vereinigt. Unser Auge ist reich beschäftigt, und doch überfällt uns in diesem Weltengewühle ein Heimweh, ähnlich jenem im Menschengewühl fremder, volkreicher Städte. Es dünkt uns hier Alles einander so gleichgiltig, so kalt; Keines kümmert sich um das Andere, kein gemeinsames Interesse, kein Band der Freundschaft, kein Gesetz verknüpft sie. Wie ganz anders war es doch in unserer Heimatwelt! Wie innig verschlungen umtanzten die geschwisterlichen Welten den gemeinsamen Schwerpunkt! Wie suchte da jede die andere zu leiten und zu locken, jede der anderen zu leuchten! Hier ist Alles kalte Selbstsucht!

Ein schöner heller Stern unweit des Himmelspols zieht unseren Blick auf sich. Es ist ein alter Bekannter, der uns mit blitzendem Lichtstrahl grüßt, der Mizar im großen Bären! Täglich sehen wir ihn an der Deichsel des Himmelswagens, und wir waren stolz auf die Schärfe unserer Augen, wenn es uns einmal glückte, über ihm noch ein kleines Sternchen, den Alkor, das Reiterlein, wie wir es nannten, zu entdecken. Den sehn wir hier freilich nicht mehr; denn selbst der Lichtstrahl müßte ja viele, viele Jahre reisen, ehe er zu ihm gelangte. Wir täuschten uns, weil wir die hintereinander stehenden Sterne für nebeneinander stehend hielten. Aber täuschen wir uns nicht jetzt auch? Sehen wir doch noch immer einen neben ihm stehenden Stern, der kaum viel weiter als der Neptun von unserer Sonne von ihm entfernt sein kann! Nein, wir täuschen uns nicht. Der Mizar ist einer jener Doppelsterne, wie sie die Astronomen nennen, und deren Entdeckung unseres Herschel unsterblichen Ruhm begründete. Wir sehen, wie sie um einander ihre Kreise schlingen, wie sie, ein trautes Geschwisterpaar, ihren gemeinsamen Schwerpunkt umtanzen! Schauen wir mehr um uns! Da ist ein anderer heller Stern — er steht an der rechten Seite der Jungfrau — nähern wir uns ihm oder richten wir eines unserer raumdurchdringenden Fernrohre auf ihn, und auch dieser uns bisher einfach erschienene Stern wird sich in zwei gleich helle, gelbliche Sterne auflösen! Auch der Castor dort, auch der schöne Hauptstern des Centauren, dem wir begegneten, werden sich für scharfe Blicke verdoppeln. Sehen wir vollends dort jenen Stern an der linken

Schulter des Schwanes oder jenen prachtvollen in der Mähne des Löwen, und wir werden nicht blos zwei Sterne statt eines, sondern sogar zwei von verschiedener Größe und verschiedenem Lichte, hier den einen gelb, den anderen röthlich dort den einen in grünem, den anderen in goldfarbenem Lichte funkelnd erblicken!

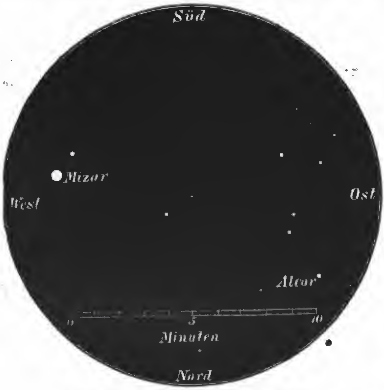
Unser erster Ueberblick schon hat uns höchst interessante Verhältnisse enthüllt und Sie dürfen dabei nicht glauben, daß Sie etwa zufällig auf einige Seltenheiten des Himmels aufmerksam geworden sind. Nur die Blödigkeit Ihres Auges war daran schuld, wenn Ihnen diese Doppelsterne, deren der Astronom jetzt bereits gegen 6000 am Himmel zählt, bisher entgingen. Denn freilich gehören sehr scharfe Teleskope dazu, um die meisten von ihnen sichtlich zu trennen. Bald zu zwei, bald zu drei und mehreren verbunden, bald durch größere, bald durch kleinere Abstände von einander geschieden, bald von gleicher, bald von verschiedener Größe, bald von gleicher, bald von verschiedener Farbe, sind sie über das ganze Himmelsgewölbe verbreitet.

Sie fragen, was denn übrigens Wunderbares an diesen Doppelsternen sei, außer etwa der überraschenden Schärfe astronomischer Beobachtungsmittel, die sie entdeckte? Folgt denn daraus, daß der Astronom diese Sterne so nahe neben einander sieht, auch schon, daß sie in Wirklichkeit Nachbarn sind? Können sie nicht vielleicht nur in gleicher Richtung hinter einander gestellt sein und uns darum so nahe erscheinen, in Wirklichkeit aber sogar weiter von einander entfernt sein, als zwei von uns an den entgegengesetzten Punkten des Himmels erblickte Sterne? Manchen dieser Sternpaare gegenüber sind solche Zweifel allerdings gerechtfertigt. Das Wunderbare aber liegt eben in der innigen Beziehung, die unzweifelhaft mehrere dieser gepaarten Sterne zu einander zeigen. Es sind in der That, wie jener Lichtstrahl Ihnen andeutete, und wie Sie sich noch genauer überzeugen sollen, Systeme einander umkreisender Sterne, engverbundene Weltenpaare, die Hand in Hand ihren großen stillen Gang von Weltraum zu Weltraum wandeln. Das ist das neue Wunder, der neue Gedanke, der sich Ihnen hier aufthut; das war es aber auch, was zur Zeit ihrer Entdeckung die gelehrte Zweifelsucht so lange beschäftigte.

Kopernikus hatte die Erde entthront, aber die Herrschaft der Sonne schien nur um so fester gegründet. Sie, die an Masse 700mal die gesammten planetarischen Körper übertrifft, schien ein unbestreitbares Recht zu haben, in majestätischer Ruhe die Mitte ihres Reiches einzunehmen. Sie allein sendet ja Wärme und Licht den dunklen und kalten Welten zu, die sie umschwärmen, um ihre Gnadenstrahlen einzufangen. Wie konnte man es also wagen, von Fixsterntrabanten, von selbständigen, leuchtenden und doch einander umkreisenden Sonnen zu sprechen?

Schon vor Jahrhunderten hatte man Doppelsterne beobachtet, und zwei denkende Astronomen, Lambert und John Michell, hatten schon vor 90—100 Jahren die Ansicht ausgesprochen, daß es Fixsterne geben möge, die nicht blos scheinbar, sondern in Wirklichkeit einander nahe seien und unter der Einwirkung eines allgemeinen Gesetzes sich um den Mittelpunkt ihrer Schwere bewegen. Man hatte dieser Ansicht kaum eine Beachtung geschenkt. Als aber der Astronom Christian Mayer zu Mannheim in den Jahren 1778 und 1779 seine Beob-

achtungen von 100 Doppelsternen geradezu unter dem Namen entdeckter Fixsterntrabanten veröffentlichte — beiläufig Beobachtungen, die zum Theil noch heute von Wichtigkeit sind — da erging sich die gelehrte, aber systemgläubige Welt in maßlosem Hohn und Spott über den unglücklichen Entdecker. Damals war die Zweckmäßigkeit ein erster Gesichtspunkt. „Wozu nützte diese Bewegung lichter Körper um ihres Gleichen?" fragte einer der gelehrtesten Gegner dieser Entdeckung, der Petersburger Akademiker Nikolaus Fuß. „Bei uns ist die Sonne allein die wirkende Ursache der Bewegung unseres und der übrigen Planeten, und zugleich die Quelle, aus welcher sie sämmtlich Licht und Wärme schöpfen; dort würden es Systeme von lauter Sonnen sein, die von andern an Größe und Glanz vielleicht unterschiedenen Sonnen beherrscht würden. Ihre Nachbarschaft und ihre Bewegung würden ohne Zweck und ihre Strahlen ohne Nutzen sein, weil sie nicht Körper mit Licht zu versorgen brauchen, denen es selbst zu Theil ward. Wenn die Trabanten lichte Körper sind, was ist der Zweck ihrer Bewegung?"



Der Doppelstern Mezar im großen Bären.

Aber diese Dinge, um mit den Worten Arago's zu reden, die vor 80 Jahren zu Nichts dienlich erschienen, diese Dinge ohne Zweck und Nutzen sind wirklich vorhanden und müssen zu den schönsten und sichersten Wahrheiten in der Astronomie gezählt werden. William Herschel stellte nur wenige Jahre später sein Riesenteleskop in dem kleinen englischen Flecken Slough auf und durchleuchtete mit der Fackel seines Geistes die nächtlichen Tiefen des Himmels. Er verwandelte den Gegenstand der Lächerlichkeit in erhabene Wirklichkeit und entzog das Wunder der Doppelsterne allem Zweifel.

Ein besonders beschämender Umstand für den Hochmuth jener Gelehrtenzunft, auf den O. Struve zuerst aufmerksam machte, liegt darin, daß die gegenseitige Abhängigkeit der zu Doppelsternen gepaarten Sterne, die allerdings gegenwärtig die Frucht zahlreicher und schwieriger Untersuchungen ist, für ein scharfes Auge schon aus dem bloßen Anblick eines Verzeichnisses der Doppelsterne hervorgehen müßte. Eine bloße Wahrscheinlichkeitsrechnung also hätte darauf führen können. Wenn Sie nämlich eine Handvoll Getreidekörner über ein Schachbret ausstreuten, so würde die Wahrscheinlichkeit, daß diese Körner paarweise in den Feldern des Brets zu liegen kommen, offenbar gleichzeitig mit der Größe der Felder abnehmen. Lassen Sie nun den Himmel Ihr Schachbret sein, über das Sie den Zufall die Sterne ausschütten lassen. Bei der Annahme völliger Unabhängigkeit zwischen allen über den Himmel zerstreuten Sternen würde

natürlich die Zahl der gepaarten Sterne um so geringer ausfallen, je geringer wir ihren Abstand voraussetzen. Es wird aller Wahrscheinlichkeit nach weniger Sterne geben, die um 4 Sekunden, als solcher, die zwischen 4 und 8 oder zwischen 8 und 16 oder gar zwischen 16 und 32 Sekunden von einander entfernt sind. Nehmen wir für den bei uns sichtbaren Theil des Himmels in runder Zahl 40,000 Sterne erster bis achter Größe an, so findet man, daß nach den Regeln der Wahrscheinlichkeitsrechnung blos 2 Doppelsterne bis zu 12 Bogensekunden Abstand vorkommen können und blos 8 bis zu 32 Sekunden Distanz. Nun finden sich aber in dem Verzeichniß von 3057 Doppelsternen, wie es Struve aufgestellt hat, 987 Sternpaare mit einem Abstande von weniger als 4 Sekunden, aber nur 675 mit einem Abstande von 4—8 Sekunden, 659 mit einem Abstande von 8—16 Sekunden und 736 mit einem Abstande von 16—32 Sekunden. Es tritt also gerade das Gegentheil von jener Wahrscheinlichkeit ein, und somit müssen wir die Voraussetzung, für welche sie stattfinden sollte, aufgeben, d. h. annehmen, daß die Doppelsterne nicht nur zufällig und scheinbar einander nahe stehen, sondern daß sie in Wirklichkeit vielmehr mit einander verbundene Systeme bilden.

Solcher Wahrscheinlichkeitsrechnung hat die Wissenschaft nicht einmal bedurft, um durch ihren Machtspruch das Dasein um einander kreisender Sonnen zu verkünden. Mit dem Auge und mit der Rechnung ist sie ihnen gefolgt und hat in den ungemessenen Räumen des Himmels Bewegungen erforscht, die trotz aller philosophischen Einsprüche für die Ewigkeit und Allgemeinheit der Naturgesetze zeugen.

Wie es so häufig in der Welt geschieht, daß man das Eine sucht und das Andere findet, so hatte auch Herschel, unbekümmert um die von aller Welt verlachte Behauptung Christian Mayer's, in den Doppelsternen nur nach Mitteln gesucht, um nach einem von Galilei gemachten, später von Bessel so glänzend bewährten Vorschlage ihre Entfernungen von der Erde, ihre Parallaxen zu messen. Er ging von der Voraussetzung aus, daß die nahe Berührung dieser Sterne nur eine scheinbare sei, daß der oft so auffallende Unterschied ihrer Größen nur die Wirkung ihrer außerordentlich verschiedenen Entfernungen sei, und daß sich daher durch den verschiedenen Einfluß der Bewegung der Erde auf beide die Entfernung des größeren und darum näheren werde messen lassen. Seine Voraussetzung täuschte ihn. Er fand dafür eine innige Verbindung zweier Sterne, eine gemeinsame Bewegung, ähnlich der, wie sie in unserem Planetensysteme herrscht.

Nicht ein glücklicher Zufall, sondern wunderbar scharfe Beobachtungen führten zu dieser Entdeckung. Es waren hier Bewegungen zu beobachten, gerade wie sie der Umlauf der Planeten um die Sonne zeigt, und diese Bewegungen konnten sich nur durch kleine Veränderungen in der Stellung der zusammengehörigen Sterne verrathen. Aber es mußte auch wieder über jeden Zweifel an der Beweglichkeit der Doppelsterne erheben, wenn man den einen Stern bald östlich, bald westlich vom andern erblickte. Freilich, welche Schärfe der Beobachtung war erforderlich, um solche Veränderungen zu erkennen und gar sie zu messen! Sie müssen bedenken, daß auch die besten Fernröhre die Fixsterne nicht als scharfe Punkte darstellen, wie sie sich zeigen müßten, wenn die Objektivlinsen

genau die richtige Krümmung hätten, und wenn Fehler und Abweichungen in unserem Auge selbst nicht die Grenzen verwischten. Nicht je größer also, sondern je kleiner sie die Fixsterne zeigen, desto besser sind die Fernröhre. Die Unterscheidung gewisser Doppelsterne, deren gegenseitiger Abstand oft nur Zehntelsekunden beträgt, ist somit der sicherste Prüfstein für die Güte der Fernröhre.

Trotz dieser Schwierigkeit hat man doch bereits die Bewegungen zahlreicher Doppelsterne gemessen, einzelne sogar mit einer solchen Genauigkeit, daß man ihre Bahnen berechnen konnte. Zwei zarte Spinnenfäden im Gesichtsfelde des Fernrohres bilden das einfache Mittel. In ihren Kreuzungspunkt wird der eine Stern gebracht, und indem man dann den einen beweglichen Faden so lange dreht, bis er genau durch den Mittelpunkt des zweiten Sternes hindurchgeht, vermag man die Drehung dieses Fadens und damit den Winkel zu messen, welchen die gerade Linie zwischen beiden Sternen mit dem unbeweglichen Spinnfaden macht. Wiederholte Messungen lassen bald über die Bewegungen der Sterne entscheiden, und vier, im höchsten Falle sechs Beobachtungen genügen, um die Bahn und Umlaufszeit des einen Sternes um den anderen berechnen zu lassen. Daß diese letztere Zahl nur in theoretischer Beziehung erforderlich ist, brauche ich wol nicht besonders hervorzuheben. Denn da keine menschliche Messung absolut fehlerfrei ist, so muß auch der Astronom bei seinen praktischen Berechnungen mehr Beobachtungen zum Grunde legen, als die Theorie fordert. Die größere Zahl vermindert den Einfluß der jeder einzelnen anklebenden Fehler und verbürgt dadurch die größere Richtigkeit des Resultates. Im Allgemeinen wird die Bahn dieser Sterne am Himmel als eine kleine Ellipse erscheinen, und nur in dem Falle, wenn die Ebene dieser Bahn genau durch die Erde geht, wird sie sich dem Astronomen anscheinend als eine durch den Hauptstern gehende gerade Linie darstellen. Einen solchen Fall scheint ein Doppelstern unter dem Daumen der rechten Hand des Schlangenträgers zu bieten. Zu William Herschel's Zeit waren die beiden getrennten Sterne noch ziemlich weit von einander entfernt, im Laufe der Jahre haben sie sich immer mehr einander genähert, und gegenwärtig decken sie einander so vollkommen, daß selbst das große Dorpater Fernrohr sie nicht mehr zu trennen vermag. Sich bedeckende Fixsterne am Himmel! Welcher Astronom der Vorzeit hätte daran gedacht!

Unter den 6000 bisher beobachteten Doppelsternen ist bei mehr als 650 die Bewegung bereits unzweifelhaft nachgewiesen. Für etwa 20 sind sogar die Bahnen berechnet, und unter diesen für die meisten mit großer Sicherheit. Bei den wenigsten Doppelsternen werden diese Bahnen in Zeiträumen von weniger als drei Jahrhunderten durchlaufen, bei den meisten, wie es scheint, erst in Jahrtausenden. Die kürzeste Umlaufszeit hat der Doppelstern Nr. 42 im Haare der Berenice, sie beträgt nur 25½ Jahre. Darauf folgt ζ im Herkules mit 36⅖ Jahren Umlaufszeit. Bei ζ im Krebse ist sie auf 58,3 Jahre bei ξ des großen Bären auf 60,7 Jahre, beim Sterne η in der Krone auf 67,3 Jahre, beim Hauptsterne des Centauren auf 77 Jahre berechnet worden. Bei dem schönen Doppelsterne γ der Jungfrau beträgt die Umlaufszeit schon 169½ Jahre, bei dem Sterne δ des Schwans 415 Jahre, beim Doppelsterne σ der Krone 478 Jahre und beim Castor 996,8 Jahre. Die Ellipsen, welche die Begleiter um den Cen-

tralstern oder vielmehr den gemeinsamen Schwerpunkt beschreiben, sind meist sehr excentrisch. So beträgt bei ω im großen Löwen die Bahnexcentrizität 0,3605 und die halbe große Axe 0,954 Sekunden. Dieser Doppelstern gehört zu den schwierigsten. Im Jahre 1841 zeigte ihn selbst der Dorpater Refraktor nur noch länglich. γ in der Jungfrau hat eine Excentrizität von 0,8806 und die halbe große Axe der Bahn ist 3,836 Sekunden. Gegenwärtig ist dieser Doppelstern leicht zu beobachten, aber 1835 war der Begleiter dem Hauptsterne so nahe, daß selbst John Herschel im 20füßigen Spiegelteleskope beide Sterne nicht mehr getrennt sah. Struve dagegen sah ihn damals im Dorpater Refraktor stets getrennt oder doch mindestens länglich. Die Doppelsternbahn von ζ in Herkules zeigt eine Excentrizität von 0,4482, und die halbe große Axe ist 1,254 Sekunden. Dieser Doppelstern ist es, der dem älteren Herschel im Jahre 1802 zuerst die Erscheinung einer gegenseitigen Bedeckung zweier Fixsterne dargeboten hatte. Bei p im Ophiuchus beträgt die Excentrizität 0,49353, die halbe große Axe 4,958 Sekunden und die Umlaufszeit 96 Jahre. Da die Parallaxe dieses Doppelsternes bekannt ist, läßt sich berechnen, daß der Abstand des Begleiters von seinem Hauptsterne 600 Millionen Meilen beträgt. In dieser Entfernung würde aber die Anziehung unserer Sonne nicht ausreichen, einen Planeten in 96 Jahren zum vollständigen Umlaufe zu bringen. Die Anziehung in dem Doppelsternsysteme von p im Ophiuchus muß also größer sein, als diejenige unserer Sonne, oder mit anderen Worten, die Gesammtmasse jenes Systems übertrifft unsere Sonnenmasse und zwar ungefähr 2¾mal. Bei manchen Doppelsternen, bei denen überhaupt noch eine Bewegung wahrgenommen werden konnte, erreichte diese im Laufe eines Jahres kaum den 15,000—20,000sten Theil des ganzen Umkreises. Wenn nun vollends fast neun Zehntheile aller Doppelsterne überhaupt noch keine Stellungsveränderung gezeigt haben, obgleich sie bereits seit fast 80 Jahren beobachtet wurden, so bleibt uns nur übrig, für sie noch weit größere Perioden, Hunderte von Jahrtausenden umfassend, anzunehmen und damit freilich auch die Entscheidung über ihre Bewegung einer fernen Zukunft zu überlassen.

Die Entdeckung der Doppelsterne bezeichnet, wie A. v. Humboldt sagt, eine der großen Epochen in der Entwickelungsgeschichte des höheren kosmischen Naturwissens. Der Glaube an die Festigkeit des Himmels ist erschüttert; die Fixsterne sind weder an den Himmel angeheftet, noch unbeweglich. Aber eine neue, tiefere Ueberzeugung ist dafür eingetauscht, die von der Ewigkeit und Allgemeinheit des Naturgesetzes. Sie sehen Sonnen um Sonnen kreisen, beide selbständig leuchtend, keine dunkel und kalt, beide um den gemeinsamen Schwerpunkt schwebend. Dieselbe Kraft, dasselbe Gesetz, welches den Lauf der Planeten um die Sonne regelt, waltet auch in diesen Bewegungen. Das berühmte Newton'sche Gravitationsgesetz, wonach die Anziehungen im umgekehrten Verhältnisse des Quadrats der Abstände stehen, ist die Voraussetzung, auf welche sich die Berechnungen der Bahnen der Doppelsterne gründeten. Diese Voraussetzung war an sich unberechtigt; denn das Newton'sche Gesetz war nur abgeleitet und nur bewiesen auf dem Gebiete unseres Planetensystems. Durch die Beobachtung ward dies Gesetz auch hier in sein unbeschränktes Recht eingesetzt. Die späteren Beobachtungen gewährten die feinste Prüfung für die Voraussetzung, unter welcher man die

ersten Beobachtungen verwendet hatte. Die beobachteten Bahnen stimmten mit den berechneten überein. So steht es denn fest, daß es bis zu den äußersten Grenzen der sichtbaren Welt hin eine anziehende Kraft giebt, die im umgekehrten Verhältnisse des Quadrates der Abstände wirkt, eine Weltkraft, die nach gleichem Gesetze den Lauf der Sonne um Sonnen, wie den Lauf der Planeten und Monde oder den Fall des Steines beherrscht!

Wunderbare Welten sind es gewiß, diese Doppelsterne! Gerade in ihnen hat der Himmel, der sonst nur Lichtglanz und Dunkel kennt, den buntesten Schmuck der Farben angethan. Roth und grün, gelb und blau oder weiß schimmern sie oft dicht neben einander, und nur in seltenen Fällen mag die eine Farbe durch eine täuschende Kontrastwirkung der anderen auf unsere Netzhaut hervorgerufen sein. Haben nun wol gar jene verschiedenfarbigen Sonnen noch ihre uns unsichtbaren dunklen Planeten, welch wunderbares Lichtleben muß auf diesen herrschen, denen bald rothe, bald grüne, bald gelbe, bald blaue Sonnen und Tage aufgehen! Gewiß ist diese Mannichfaltigkeit wunderbar, aber wunderbarer ist doch noch die Einheit des Gesetzes, das sie alle umfaßt, und das den Astronomen gestattet, wie Sie sehen werden, nicht blos die Jahre ferner Welten zu zählen, sondern selbst ihre Massen zu wägen.



Das Sternbild des Krebses.

William Herschel, sagte ich vorhin, hat durch die Entdeckung der Doppelsterne die Sonne entthront. Die Doppelsterne sind Welten gleich unseren planetarischen, bewegen sich in Ellipsen, wenn auch mehr ausgeschweiften, um einander wie sie, von demselben Gesetze, dem Newton'schen Gravitationsgesetze, geleitet. Nur sind es Welten gleicher Art und Ordnung, Sonnen, die einander umkreisen; nur ist es ein leerer Punkt, der den Mittelpunkt ihres Systems einnimmt. Das Newton'sche Gesetz kennt Unterschiede, die auf Massen beruhen, nicht. Es beruht auf Gegenseitigkeit und berücksichtigt die Anziehung der kleinen Massen so gut wie die der großen. Das Newton'sche Gesetz verlangt für ein System von Körpern nur einen allgemeinen Schwerpunkt, auf den alle Bewegungen sich beziehen.

Von unserem Sonnensysteme her sind wir gewohnt, diesen Schwerpunkt von einem bestimmten Centralkörper materiell erfüllt und von diesem Centralkörper zugleich durch Massenübergewicht die übrigen Glieder des Systems beherrscht zu sehen. Das Gesetz weiß davon nichts. Je größer freilich die Masse des einen gegenüber der Gesammtmasse der anderen Körper eines Systems ist, desto näher wird er auch dem gemeinsamen Schwerpunkte stehen müssen. Während aber unsere Sonne die Gesammtmasse ihrer Planeten um das 700fache übertrifft, ist bei den Doppelsternen ein ähnliches Massenübergewicht eines Centralkörpers nur unter den allergezwungensten und unwahrscheinlichsten anderweitigen Voraussetzungen zu denken. In den meisten Fällen läßt sich gar nicht einmal von einem Hauptsterne sprechen. Die Massen der mit einander verbundenen Sterne sind, nach der Helligkeit zu schließen, nahezu gleich, wie bei dem schönen Doppelsterne γ in der Jungfrau und selbst bei dem dreifachen Sterne ζ des Krebses. In anderen Fällen dürften sie wenigstens nicht sehr niedrige Verhältnisse überschreiten; beim Sirius hat die genaue Untersuchung von Auwers ergeben, daß der Hauptstern 14-, der Begleiter 7mal unsere Sonne an Masse übertrifft. Hier ist also das Verhältniß wie 2:1. Trotzdem leuchtet Sirius mindestens 500mal heller als sein Begleiter, und Sie haben darin einen Beweis, daß die Lichtstärke der Fixsterne nicht ohne Weiteres von ihrer Masse abhängt. Wenn aber so wenig von einander verschiedene Massen zu einem Systeme verbunden werden, so kann natürlich ihr gemeinsamer Schwerpunkt immer nur zwischen ihnen, niemals in der einen oder anderen Masse selbst liegen. Dann werden aber auch beide Sterne einen nahezu gleichen Antheil an der Umlaufsbewegung nehmen, und es wird sich, streng genommen, gar nicht einmal mehr sagen lassen, daß ein Stern den andern umkreist. Trennen Sie nun das Zufällige — wie es das Massenverhältniß gegenüber dem Gesetze ist — von dem Nothwendigen, so haben Sie auch in unserem Sonnensysteme nicht mehr den Centralkörper, sondern den Schwerpunkt des Systems aufzusuchen und erst nachträglich zu prüfen, ob dieser


Das Sternbild der Andromeda.

wirklich ein materiell erfüllter sei. Sie wissen bereits, daß unsere Sonne in ihrer Rotation um sich selbst in der That eine kleine Ellipse um diesen Schwerpunkt beschreibt, daß dieser also, wenn auch bisweilen der überwiegenden Masse wegen, doch nicht immer innerhalb des Sonnenkörpers, viel weniger in seinem Mittelpunkte liegt. Die Sonne ist damit in die Reihe der Planeten eingetreten und verdient nur den Namen ihrer Herrscherin durch die Nähe des Schwerpunktes der Gesammtheit.

Aber noch einer unserer gewöhnlichsten und vermeintlich berechtigtsten Vorstellungen, die wir dem Sonnensystem entlehnten, scheint neuerdings durch die Beobachtungen jener Himmelsferne Gefahr zu drohen. Gewohnt, nur leuchtende Centralkörper von dunkeln umkreist zu sehen, waren Sie wol überrascht, auch Sonnen um Sonnen sich bewegen zu sehen. Was werden Sie aber zu einem dunkeln, unsichtbaren Centralkörper sagen, der von Sonnen umkreist wird? Und doch ward der scharfsinnige Bessel zu einer solchen Annahme gedrängt. Bessel hat eine Astronomie des Unsichtbaren eröffnet, ähnlich jener Astronomie des Unbekannten, worauf Leverrier seine denkwürdige Berechnung des Neptun gründete. Er erkannte in den thatsächlich ermittelten Eigenbewegungen des Sirius und Procyon Abweichungen von einer überraschenden Gleichmäßigkeit. Wie Leverrier aus den räthselhaften Störungen in der Bewegung des Uranus, so schloß Bessel aus diesen Abweichungen in der Bewegung der Sterne auf die Nähe eines unbekannten anziehenden Körpers. Es mußten gewaltige Massen in der unmittelbaren Nähe des Sirius und Procyon vorhanden sein, welche jene Abweichungen hervorbrachten, und diese Massen konnten nur dunkle oder schwachleuchtende Welten sein. Jene uns einfach erscheinenden schönen Sterne sind also nach dieser Ansicht Doppelsterne, in denen uns aber das eine Glied nicht sichtbar wird. Peters in Pulkowa hat sogar die Bahn des Sirius um jenen Centralkörper bestimmt. Er fand eine Umlaufszeit von 50 Jahren und 35 Tagen. Diese Voraussetzungen, auf denen diese Rechnung beruhte, schienen Manchem sehr gewagt, dennoch haben sie sich glänzend bewährt. Am 31. Januar 1862 fand nämlich Clark zu Cambridge in Nordamerika, als er ein selbstverfertigtes Riesenfernrohr prüfte, in der Nähe des Sirius ein schwaches Sternchen. Auf seinen Bericht wurde es auch auf verschiedenen europäischen Sternwarten gesehen, und Auwers fand durch Berechnung, daß dieser Stern völlig identisch mit der Bessel'schen dunklen Masse sei. Eine neue Bahnberechnung, bei der alle direkten Beobachtungen benutzt wurden, änderte die von Peters früher gefundene Umlaufszeit nur unbedeutend. Sie beträgt $49^4/_{10}$ Jahre. Da die Parallaxe des Sirius bekannt ist, so fand sich seine Masse, wie ich Ihnen bereits mittheilte, zu 14 Sonnenmassen, die Masse des Begleiters zu 7 Sonnenmassen. Der mittlere Abstand dieser beiden Körper beträgt 740 Millionen Meilen. Auch bei Procyon hat sich Bessel's Annahme eines dunkleren Begleiters bestätigt. Auwers fand seine Umlaufszeit zu 40 Jahren, und Anfangs 1874 hat Struve im 21füßigen Refraktor zu Pulkowa den sehr lichtschwachen Begleiter wirklich zu sehen geglaubt.

So sind in der That durch die Entdeckung der Doppelsterne die gewohntesten Vorstellungen zerstört. Es ist vorbei mit der geträumten Majestät der

Sonne, vorbei mit der Herrschaft der Massen und der rohen Gewalt. Nicht ein Körper ist es, sondern ein Gedanke, um den alle Welten kreisen, ein Gedanke, der alle Ordnung zusammenhält. Nicht der Wille des Einzelnen, sondern der Gesammtwille Aller ist der bewegende Mittelpunkt des Lebens. Wer solch einen Schwerpunkt umfaßt, der ist Herr — seiner selbst und Anderer!

Wenn auf der einen Seite durch den Gedanken des Gesetzes die Welt des Himmels sich niedersenkt in unser innerstes Leben, so vermögen wir auf der anderen Seite durch dasselbe Gesetz einzudringen in die geheimnißvolle Natur jener Welten. Mag es Ihnen über die menschliche Fassungskraft hinauszugehen scheinen, wir vermögen jene Sterne, die kaum das schärfste Fernrohr als einzelne scheidet, die in unnahbaren Fernen schweben, aus denen das Licht Jahre und Jahrhunderte braucht, um zu uns herabzukommen — wir vermögen jene Sterne zu wägen! Ich habe bereits oben Ihnen beiläufig das Ergebniß einer solchen Sternwägung mitgetheilt und will Ihnen hier nur kürzlich den Weg andeuten, auf dem man zu solchem Resultate gelangt ist. Das Newton'sche Gesetz der Anziehungen, das sich in den Bewegungen der Doppelsterne so unzweifelhaft bethätigt, gestattet uns, zurückzuschließen auf die anziehenden Massen. Nach diesem Gesetze besteht eine feste Beziehung zwischen den anziehenden Massen und den Abständen und Umlaufszeiten, und zwar, wie Kepler nachgewiesen hat, stehen die Massen zu den Quadratzahlen der Umlaufszeiten in direktem, zu den Kubikzahlen der Abstände in umgekehrtem Verhältniß. Kennt man also bei den Doppelsternen aus unmittelbarer Beobachtung die Winkelgeschwindigkeit des einen Sternes, und ist man im Stande, den Halbmesser der von ihm durchlaufenen Bahn in Meilen auszudrücken, so kann man auch nach Fußen und Zollen berechnen, um wie viel dieser Stern in einer Sekunde gegen den Hauptstern fällt. Durch Vergleichung dieser Größe mit dem Falle eines Steines auf der Erde oder mit dem Falle der Erde gegen die Sonne, unter Berücksichtigung der verschiedenen Abstände, kann man dann das Verhältniß der Doppelsternmasse zur Erd- oder Sonnenmasse erhalten; mit anderen Worten: man kann das Gewicht jener Doppelsterne bestimmen. Wer nicht mit den streng logischen Schlußfolgerungen bekannt ist, die nach und nach bis zur Abwägung einer fern im Ozeane des Raumes strahlenden Sonne hinleiten, müßte es als thöricht betrachten, daß Menschen, die nie ihren engen kleinen Erdball verlassen, die sich nicht 2 Meilen erheben können, es wagen, von dem Gewichte einer Sonne zu sprechen, die wegen ihrer großen Entfernung selbst in den kraftvollsten Teleskopen nur als untheilbarer Punkt erscheint.

Aber noch in einer anderen Beziehung verdient das gesetzliche Verhältniß zwischen Masse, Abstand und Umlaufszeit eine Beachtung. So gut wie sich aus einer bekannten Umlaufszeit und bekanntem Abstande ein Schluß auf die Masse der Doppelsterne ziehen läßt, wird sich auch umgekehrt aus bekannten Massen und beobachteten Umlaufszeiten auf die Entfernung, also auf die Parallaxe der Doppelsterne schließen lassen. Sie werden freilich einwerfen, daß wir doch eben die Massen dieser Sterne am wenigsten kennen! Aber annehmen können wir sie doch gewiß, und wenn wir sie etwa der unserer Sonne gleich setzen, so werden wir wol nicht gar zu weit von der Wahrheit abirren. Nennen Sie die Resultate

dann immerhin hypothetische Parallaxen; sie werden wenigstens bis zur Beobachtung der wirklichen eine annähernde Vorstellung von der Entfernung jener Sternsysteme gewähren. Daß sie aber wirklich in hohem Grade annähernde genannt werden können, geht aus der Vergleichung einiger solcher hypothetischen Parallaxen mit beobachteten hervor. So beträgt die hypothetische Parallaxe bei 61 des Schwans 0,247 Sekunden, bei α des Centauren 0,857 Sekunden, beim Polarstern 0,055 Sekunden; die beobachteten Parallaxen dagegen sind 0,5, 0,919 und 0,076 Sekunden. Wenn nun neun Zehntheile aller Doppelsterne noch gar keine erkennbare Winkelbewegung gezeigt haben, so muß man ihnen entweder eine hypothetische Parallaxe von weniger als $^1/_{200}$ oder gar $^1/_{500}$ Sekunde, also eine Entfernung von 40—100 Millionen Sonnenweiten, 650—1600 Lichtjahren zugestehen, oder man muß, um sie etwa in die Nähe des Hauptsterns des Centauren zu rücken, ihre Masse kleiner annehmen als die Masse unseres Planeten Merkur. Das Eine wie das Andere läßt uns auf eine wunderbare Leuchtkraft jener Welten schließen; denn es sind Sterne zweiter und dritter Größe darunter, wie der Hauptstern des Herkules, der Stern γ des Widder und ξ im Sternbild des Bootes. Diese große Leuchtkraft gewisser Sterne ist auch durch direkte photometrische Bestimmungen im Anschlusse an die gemessenen Entfernungen derselben bewiesen. So übertrifft Sirius unsere Sonne außerordentlich in absoluter Lichtstärke und in noch höherem Grade gilt dies von Kapella. Dagegen ist der Stern Nr. 61 im Schwan weit lichtschwächer als unser Tagesgestirn und dasselbe gilt von dem relativ so glänzenden Fixstern α im Centauren.



Das Sternbild des Wassermanns.

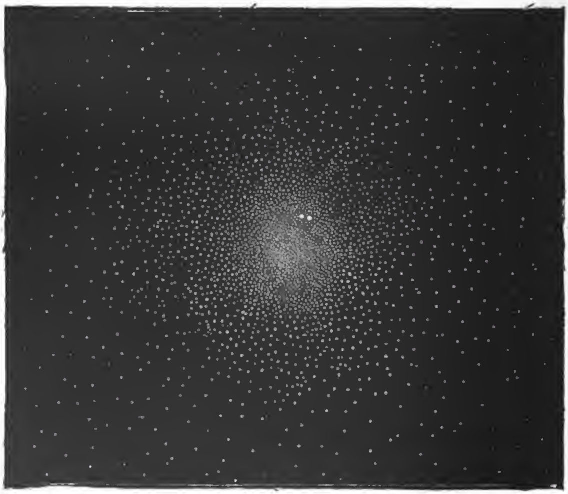
Gewähren die Doppelsterne der Wissenschaft den nicht unwesentlichen Dienst, gewisse Vermuthungen über die Entfernungen von Fixsternen anzuregen, so versprechen Sie in anderer Weise die noch ungleich wichtigere Leistung, die beobachteten Parallaxen zu berichtigen. Sie wissen, daß alle Parallaxen-Beobachtung immer nur zu unteren Grenzen führen, innerhalb deren die Fixsterne nicht gesucht werden dürfen. Jede genauere Beobachtung

kann die Sterne weiter in den Himmelsraum hinausrücken, und damit werden natürlich auch ihre Massen wachsen. Wir bedürfen also eines Mittels, um auch obere Grenzen für die Sterne zu setzen, über welche hinaus sie nicht gesucht werden dürfen, eines Mittels, das sowol dem steten Hinausrücken der Sterne in den Raum, als dem steten Wachsen ihrer Massen ein Ziel setzt. Dieses Mittel, das die Astronomie einst ebenso vor Ueberschätzung zu sichern verspricht, wie sie sich bisher vor Unterschätzungen zu sichern suchte, wird durch die Doppelsterne erlangt werden.

Sie haben gesehen, daß die Doppelsterne sich in meist sehr stark excentrischen elliptischen Bahnen um einander bewegen, und daß diese Bahnen meist in schief gegen uns geneigten Ebenen liegen, so daß die Fixsterntrabanten, die in ihnen kreisen, sich uns bald nähern, bald von uns sich entfernen. Das Licht, das uns Kunde von diesen Bewegungen, Kunde von dem jedesmaligen Orte eines solchen Sternes bringt, braucht eine gewisse Zeit, um zu uns zu gelangen. Wenn sich also ein Gestirn in krummliniger Bahn von unserer Erde entfernt, so werden die von demselben ausgehenden Lichtstrahlen uns immer später und später die Richtungen anzeigen, in denen sich der Stern wirklich befunden hat. Das Gegentheil wird eintreten, wenn er sich uns nähert. Der Stern wird also, von der Erde aus gesehen, mehr Zeit aufwenden, um diejenige Hälfte seiner Bahn zu durchlaufen, in welcher er sich von uns entfernt, als um die andere Hälfte zu beschreiben, in der er sich uns nähert. Der Unterschied dieser beiden Zeiten ist offenbar der Zeit gleich, welche das Licht gebraucht, um die Anzahl von Meilen zu durchlaufen, um welche sich die Entfernung jenes Sternes von der Erde zwischen seinen beiden äußersten Stellungen ändert. Verwandeln wir diese Zeit des Lichtes in Raum, d. h. multipliziren wir einfach ihre Sekundenzahl mit der bekannten Geschwindigkeit des Lichtes, so erhalten wir in Meilen ausgedrückt die Größe dieser Aenderung des Sternabstandes von uns. Aber diese Aenderung steht in offenbarem Zusammenhange mit den Dimensionen der wirklichen Bahn des Sternes, und der Astronom ist im Stande, daraus die große Axe der Bahn selbst zu bestimmen. Der Neigungswinkel, unter welchem wir die große Axe sehen, ergiebt sich nämlich aus der Lage der Bahnebene; die scheinbare Größe der Axe lehrt das Mikrometer. Der Astronom hat also nur noch eine Aufgabe des Feldmessers zu lösen, um die Entfernung jenes Sternes von uns in Meilen zu berechnen. Es ist nun zwar möglich, daß der Astronom sich bei seinen Beobachtungen irrt, daß der Zeitunterschied, welchen er zwischen jenen beiden verschiedenen Hälften der Bahnbewegung eines Sternes gefunden hat, nicht der richtige ist. Aber immerhin wird er Grenzen anzugeben vermögen, innerhalb deren der wahre Werth dieses Unterschiedes liegen muß, und ebenso wird er auch Grenzen finden, über die hinaus er weder nach oben noch nach unten den Stern setzen darf, ohne mit den Thatsachen in Widerspruch zu gerathen. Sie sehen also in der Beobachtung der Doppelsterne ein Mittel in Aussicht gestellt, dem Fixsternhimmel auch gegen den Raum hin mehr und mehr Grenzen zu setzen. Doch darf ich nicht verhehlen, daß die Hoffnung, auf dem so eben angedeuteten Wege zur Kenntniß von Fixsternparallaxen zu gelangen, nicht so begründet ist, als die Aussicht, dieselben aus direkten Messungen zu

bestimmen. In jenem Falle würden nämlich vor allen Sterne von sehr langer Umlaufszeit zu untersuchen sein, wie es nur mit Erfolg geschehen könnte, wenn sich unsere Beobachtungen über einen Zeitraum von mehreren hundert Jahren erstreckten, was heute bekanntlich noch nicht der Fall ist. Neuerdings hat indeß Rudolf Falb darauf hingewiesen, daß das Spektroskop uns ein Mittel bietet, die Entfernungen von Doppelsternen, deren Bahnen bekannt sind, zu messen. Durch die Bewegungen der beiden Sterne werden nämlich Verschiebungen in den Positionen der Spektrallinien hervorgerufen, aus denen man die lineare Größe jener Bewegungen in Meilen berechnen kann. Ist aber diese bekannt und ebenso die Dauer der Umlaufszeit, sowie ferner der Winkeldurchmesser der Doppelsternbahn, so können wir letztere in Meilenmaß verwandeln und damit die Entfernung des Sternenpaares von der Erde sofort finden.

Ich hatte Ihnen Wunder, hatte Ihnen Gedanken versprochen auf diesem Ausfluge durch die Räume der Fixsternwelt. In reicher Fülle sind sie Ihnen entgegengeströmt. Wir sehen zahllose Sonnen, der unsrigen vergleichbar an Masse und Leuchtkraft, im unermeßlichen Weltraume sich bewegen, bald einzeln, bald zu zweien um den gemeinsamen Schwerpunkt kreisend; wir erkannten dasselbe Gesetz in den Tiefen der räumlichen Unermeßlichkeit wieder, welches hinieden den emporgeworfenen Stein zur Erde zwingt: aber eine höhere Einheit, welche die einzelnen Systeme zu einem Gesammtkomplexe verbindet, trat uns bis jetzt noch nicht in erkennbaren Zügen entgegen. Lassen Sie jetzt den Gedanken auch zu einem Abschlusse kommen, daß der Himmel, den die Forschung Ihnen zerstörte und in Atome zersplitterte, sich von Neuem durch die Resultate der Forschung zu einer Gesammtheit, zu einem Ganzen abrunde!



Sternhaufen im Tucan, nach Lord Rosse. (Vgl. Seite 452)



Spiralförmiger Nebelfleck in den Jagdhunden nach der Beobachtung und Zeichnung von Lord Rosse.

Sechstes Kapitel.

Das Fixsternsystem.

Der Anfang ist an allen Sachen schwer,
Bei vielen Werken fällt er nicht in's Auge.

Wir haben es versucht, mit Hülfe der wissenschaftlichen Forschung den Schleier von jenem Himmelsgewölbe zu heben, das sich über uns ausspannt, und haben gesehen, in welche unnahbare Ferne das Gewölbe allmählich entschwebte. Wie ganz anders dachten sich doch die Alten die Höhe des Himmels! Hephästos, von Zeus aus dem Himmel geschleudert, so erzählt uns Homer, fiel in einem Tage auf Lemnos herab und „er athmete nur noch ein wenig." In wilderen Schätzungen ergeht sich wol die Phantasie eines Hesiod, wenn er vom Sturze der Titanen in den Tartarus singt:

„Wenn neun Tage und Nächte dereinst ein eherner Ambos
Fiele vom Himmel herab, am zehnten käm' er zur Erde."

Aber was will auch eine solche Entfernung, die etwa dem anderthalbfachen Abstande des Mondes von der Erde entspräche, sagen gegen die Anschauung, die wir heute gewonnen haben! Auf eine für unsere Vorstellungen fast unermeßliche Weite von $4^2/_3$ Billionen Meilen waren wir gezwungen, den Abstand des nächsten Fixsterns von unserer Erde zu setzen, einen Raum, den das flüchtige Licht selbst erst in $3^1/_2$ Jahren durchfliegt!

Wie ganz anders schauten die Alten das Himmelsgewölbe an! Das gilt nicht blos von seinen Entfernungen, die wir nach Lichtjahren, jene nach irdischer Fallgeschwindigkeit schätzten, das gilt auch von seinem reichen Inhalt. Plinius, der doch das Sternverzeichniß Hipparch's, des berühmtesten Astronomen des Alterthums, kannte, zählte an dem schönen italischen Himmel nur 1600 sichtbare Sterne. Und jetzt zählt das unbewaffnete Auge, das doch dasselbe geblieben und nur anders schauen gelernt hat, an dem ungünstigen nordischen Himmel 4000—6000 deutliche Sterne. Was will das aber sagen gegen die unermeßliche Weltenzahl, welche das Teleskop dem Auge enthüllt hat, gegen die 300,000 und mehr Sterne erster bis neunter Größe, welche unsere Sternverzeichnisse aufführen, gegen die 18,000,000 Sterne, welche William Herschel in der Milchstraße allein für sein 40füßiges Teleskop als sichtbar annehmen zu müssen glaubte, gegen die unzählbaren Sternenheere, die Lord Rosse's Riesenteleskop in den menschlichen Gesichtskreis eingeführt hat!

Anders aber schaute das Alterthum den Himmel nicht blos darum an, weil ihm die Mittel des Sehens und der Beobachtung fehlten, sondern weil es diesen Mangel durch seine Träume ersetzen wollte. Seine Dichter und Weisen gefielen sich darin, die Spuren einer mythischen Götterwelt am Himmel zu suchen. In jener Milchstraße, die wie ein glänzendes Diadem den Sternhimmel schmückt, und in der wir heute den Abglanz einer unendlich reichen, fernen Welt sehen, schauten die Griechen nichts als etwa von einem göttlichen Säugling vergossene Milchtropfen, oder die feurigen Spuren, welche der Wagen des Phaëton hinterließ, oder gar die Spuren eines ausgetretenen Weges, den die Sonne einst wandelte, ehe sie ihren Lauf durch den Thierkreis antrat. Der Erste, welcher Wahrheit und Wirklichkeit ahnte hinter jenem schimmernden Lichtglanz, weil er eben nur Natur und nicht träumerische Ideen am Himmel suchte, war ein alter griechischer Philosoph, Demokrit, bekannt als der Gründer der atomistischen Schule. Er sah im Glanze der Milchstraße die sich mischenden Bilder von unendlich vielen, durch ihre unermeßliche Entfernung eng an einander gedrängten Gestirnen. Das Fernrohr Galilei's bestätigte die bewunderungswürdige prophetische Anschauung des Philosophen. Es trennte deutlich die Sterne, welche der Geist Demokrit's nur geahnt hatte. Die Fernröhre der Gegenwart versprechen mehr und mehr die Nebel zu zerstreuen und neue Welten auf dem schimmernden Grunde der bereits erkannten aufzudecken.

Seit man eine reiche Welt in jenem „leuchtenden Meteore" des Himmels, wie noch Aristoteles die Milchstraße nannte, zu schauen gelernt hat, ist auch ihrer Gestalt und ihrem Verlauf ein aufmerksamer Blick geschenkt worden. Dort im Südosten zwischen den prachtvollen Sternbildern des Orion, des großen und kleinen Hundes steigt sie empor, Anfangs ein schwacher Lichtstrom, der die Hör-

ner des Stiers berührt und sich über die Böckchen des Fuhrmanns ergießt. Eine wunderbare Verzweigung der Milchstraße beginnt jenseit des Zeniths in der Kassiopeja. Hier sendet sie einen Zweig südöstlich zum Perseus, der sich gegen die Plejaden und Hyaden verliert, und weiterhin einen anderen nordwestlich gegen den kleinen Bären und den Nordpol des Himmels. Im Schwane, der anmuthigsten und sternreichsten Gegend des nördlichen Himmels, zeigt sich in ihrer Mitte eine breite, dunkle Leere, von der gleichsam als Mittelpunkt drei Lichtströme ausgehen, deren einer sich erst in der Gegend des Adlers verliert. In ununterbrochener flockiger Gestalt zieht sie nun weiter über den Adler hinaus zum Schützen, wo sie der Horizont Ihnen verbirgt. Am südlichen Himmel aber steigt sie im Schwanze des Skorpions wieder empor, um in der größten Pracht ihres Glanzes sich über Altar und Triangel zu den funkelnden Sternen des Centauren zu ergießen. Hier, auf dieser Strecke vom Schützen bis zum Schiffe, entfaltet die Milchstraße die wunderbarste Mannichfaltigkeit und Pracht der Gruppirung, hier werden ihre Verzweigungen am reichsten und glänzendsten. Einen Zweig sendet sie schon vom Triangel aus bis nahe an den Fuß des Schlangenträgers, einen andern vom Hauptstern des Centauren zum Sternbilde des Wolfes, bis sie am Hintertheile des Schiffes, fächerförmig zertheilt, völlig abbricht und eine weite dunkle Lücke zeigt, jenseits deren sie sich Anfangs wieder mannichfach verzweigt, dann als ein ungetheilter breiter, aber immer schwächerer Lichtstrom durch den großen Hund zum Orion an unserem östlichen Horizonte fortsetzt. Da, an jener Stätte ihres höchsten Glanzes, wo sie sich bald in einer Breite von 20 Himmelsgraden ausdehnt, bald auf vier bis fünf Grade zusammenzieht, umfaßt sie das strahlende Kreuz des Südens. Dort schneidet sie jenen glänzenden Gürtel der größten und vielleicht nächsten Gestirne des Himmels, der sich vom Orion durch das Kreuz zum Skorpion hinzieht. Dort umschließt sie, gleichsam um durch den Kontrast die Wirkung ihres Glanzes noch zu heben, jene wunderbaren schwarzen Flecken, die man als Kohlensäcke bezeichnet, und in denen Herschel Oeffnungen des Himmels sah, durch welche es gestattet sei, gleichsam in den finsteren Weltraum zu blicken.

Das ist in flüchtigen Umrissen ein Bild von der scheinbaren Gestaltung der Milchstraße. Eine höchst genaue, auf eigenen Beobachtungen während eines Zeitraumes von mehr als einem Vierteljahrhundert beruhende Darstellung des Zuges der Milchstraße am Nordhimmel hat vor längerer Zeit Professor Heis in seinem Atlas novus coelestis gegeben. Diese Darstellung giebt eine Idee von dem Reichthume der Milchstraße, von Lichtabstufungen und geballten Formen; außerdem lehrt sie, daß die Mittellinie der Milchstraße in Gestalt eines größten Kreises den Himmel umzieht.

Die Milchstraße hat für uns eine besondere Bedeutung erhalten, seit es der raumdurchdringenden Kraft der Instrumente gelungen ist, die Wolken jenes Lichtschimmers aufzulösen und bis auf Stellen von unergründlicher Tiefe durch sie hindurch uns den Blick ins Freie zu gestatten. Es wird Sie nun auch danach verlangen, eine Anschauung von den wirklichen Verhältnissen der fernen Sternwelt und unserer Stellung zu ihr zu gewinnen. Mag es auch nur ein Dämmerlicht sein, welches, wie Humboldt sagt, auf solchen Resultaten ruht, zu

denen ahnungsvoll getrieben die geistige Anschauung sich erhebt, es ist doch immer noch besser als jener Irrlichtschein, in welchem die phantastischen Träume alter und vieler neuen Philosophen schwimmen.

Nicht der Zufall allein kann in jener auffallenden Gruppirung der Sterne gewaltet haben. Es widerstrebt unserer ganzen Anschauung, diesen Sternring von dem Heere der uns vereinzelt am Himmel erscheinenden Sterne zu scheiden. Sie werden sich unwillkürlich jener Täuschung erinnern, die Ihnen in einem Walde nach seiner Längsrichtung die Bäume dichter gedrängt erscheinen läßt, als nach seiner Breitenrichtung. So werden wir auch dem Versuche nicht widerstehen können, die ganze Schar der Sterne am Himmel in ein großes Weltensystem zusammenzufassen. Auch unsere irdische Heimat, unser Sonnensystem gehört diesem großen Weltganzen an. Aber welche Stellung hat es in demselben? Diese Frage mit wissenschaftlichen Gründen zu beantworten, hat erst Fr. Wilh. Herschel unternommen, aber am Ende seines langen und ruhmreichen Lebens war er genöthigt, einzugestehen, daß seine Untersuchungen in dieser Beziehung zu keinem bestimmten Resultate geführt hatten. Im Jahre 1784 veröffentlichte er zuerst seine Gedanken über die Stellung unserer Sonne im Fixsternreiche. Er dachte sich die Fixsterne in Schichten geordnet und unsere Sonne nicht weit abstehend von dem Punkte, wo eine kleinere Sternschicht von einer größeren sich abzweigt. Im Jahre 1785 glaubte er, daß sein Teleskop allenthalben die äußersten Grenzen der Milchstraße erreicht habe und hielt diese an den meisten Stellen für verhältnißmäßig eng begrenzt; 1814 betrachtete er die helleren geballten Stellen der Milchstraße als Folgen einer zusammenballenden Kraft und glaubte an eine allmähliche Auflösung und ein dereinstiges Zerfallen der Milchstraße. Im Jahre 1817 veröffentlichte William Herschel eine Abhandlung, in welcher er zeigte, daß unser Sonnensystem tief in der Milchstraße selbst liege, und 1818 endlich, in seiner letzten bezüglichen Arbeit, erklärte Herschel die Tiefe der Milchstraße für unergründlich. Damit fällt natürlich jede Spekulation über ihre äußere Gestalt von selbst fort und Diejenigen, welche auf die Autorität Herschel's hin das ganze Fixsternsystem als linsenförmig darstellten und in der Milchstraße den Rand dieser Linse sehen wollten, haben über der Festhaltung solcher Ansicht vergessen, daß Herschel selbst diese Meinung vor seinem Tode definitiv aufgegeben hat.

Nach Herschel's Tode hat zuerst Struve die Untersuchung der Milchstraße und der Stellung unseres Systems zu derselben wieder aufgenommen. Seine wichtige Arbeit ist mit allen Hülfsmitteln der Wissenschaft durchgeführt worden und Struve kommt zu dem Ergebnisse, „daß die Erscheinung der Sternhäufung oder Kondensation auf's Engste mit der Natur der Milchstraße verbunden ist, oder vielmehr, daß diese Kondensation und der Anblick der Milchstraße identische Erscheinungen sind.“ Gegen die Ebene der Milchstraße hin zeigen sich die Sterne immer gedrängter und Struve hat eine Formel abgeleitet, aus welcher sich die mittlere Sternfülle für die verschiedenen Winkelabstände von der Milchstraße ergiebt. Er blieb zuletzt dabei stehen, daß sämmtliche für uns wahrnehmbare Sterne zum Systeme der Milchstraße gehörten und daß die mittleren Abstände zwischen zwei benachbarten Sternen in dem Maße größer würden, als diese

Sterne entfernter von der Ebene der Milchstraße ständen. Dieses Ergebniß ist richtig, wenn man es auf die scheinbaren Verhältnisse bezieht und als solches nichts Neues, unrichtig dagegen, wie ich nachgewiesen habe, wenn man auf die wahren Abstände zurückgeht. Aus meinen Untersuchungen ergiebt sich, daß die Milchstraße zu unserem Fixsternsysteme zunächst in gar keiner Beziehung steht*). Der Fixsternkomplex, zu dem unsere Sonne gehört, ist nahezu kugelförmig, neben ihm, in ungemessenen Distanzen, existiren noch zahllose andere, ebenfalls nahezu kugelförmige Fixsternsysteme, die sämmtlich ungefähr in einer Ebene gruppirt sind. Diese ist nun die Ebene der Milchstraße und die Ringform der letzteren ist eine daraus mit Nothwendigkeit hervorgehende optische Täuschung. Was Kant, von bloßer Spekulation ausgehend, als wahrscheinlich hinstellte: die Existenz einer Hauptebene für die Fixsternwelt, analog derjenigen, um welche im Sonnensysteme die Planetenbahnen gruppirt sind, findet in den genaueren Untersuchungen, welche sich auf Sternkataloge und Berechnungen gründen, seine Bestätigung. Die Verwüstungen durch die Zeit und die Spuren von Ausbrechen der Schichten, welche William Herschel in einzelnen Theilen der Milchstraße phantasiereich zu erkennen glaubte, ebenso wie seine berühmten „Oeffnungen im Himmel", erklären sich ungezwungen aus der perspektivischen Ausstreuung ungleich großer, dichter und entfernter Sternhaufen und Nebelflecke.

Einer dieser Sternhaufen ist auch der unserige, die Gesammtheit der Sterne, welche sich nächtlich über unserem Haupte wölben. Er bildet in seiner (nach unseren Anschauungen sich ergebenden) Zusammenstellung ein selbständiges System, ein Ganzes, den übrigen Sternhaufen ebenbürtig.

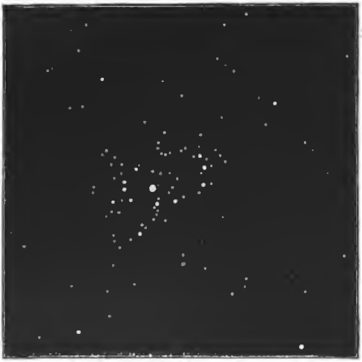
Es war die äußere Physiognomie der Himmelslandschaft, aus welcher wir unsere Vorstellung von der äußeren Gestaltung des Weltganzen schöpften. Aber das reiche, bunte Bild der Himmelslandschaft war in der That kein kaltes, lebloses Bild. Es regte sich in ihm wie auf unseren Fluren: Sterne kommen und schwinden; sie wechseln wie das Treiben eines Mückenschwarmes. Denn was hat die Zeit mit solchem Bilde zu thun, was sind Millionen Jahre für solche Gebilde. Sterne kommen und gehen; die plötzlich auflodernden neuen Sterne und die Lichtwechsel der Veränderlichen geben davon Zeugniß. Sterne wechseln ihre Ordnung; teleskopische Doppelsterne kreisen um ihren gemeinsamen Schwerpunkt; Planeten, Monde und zahllose Kometen schweifen über das Himmelsgewölbe hin, und jede schießende Sternschnuppe gleicht einer verblühenden Blume. Doch auch das gesammte Gemälde zieht wie durch einen verborgenen Mechanismus langsam an unseren Blicken vorüber; das Vorrücken der Nachtgleichen und das Wanken der Erdaxe führen neue Sterne am Horizonte herauf und entziehen uns andere. Aber noch ist das bewegliche Leben der Himmelsphysiognomie nicht erschöpft. Das ganze Heer der Sterne, die eine beschränkte Anschauung feste nannte, ist in einer ewigen Bewegung begriffen; sie alle wandeln ihre Bahnen, wie Monde und Planeten. Diese Bewegung gab dem Bilde Leben, und in ihr allein haben wir die innere Einheit, das gesetzliche Band, das diese Welten zu einem Systeme zusammenfaßt, zu suchen.

---

*) Vgl. Klein, Der Fixsternhimmel. Braunschweig 1872. Seiten 295—321.

Bewegungen verlangen eine bewegende Kraft und, wenn sie einander nicht stören und vernichten sollen, ein ordnendes Gesetz. Wo das Gravitationsgesetz gilt, muß es auch einen Schwerpunkt geben, und wo es bewegte Körper giebt, seien es Planeten oder Fixsterne, da müssen sie diesen Schwerpunkt umkreisen. Diese um einen gemeinsamen Schwerpunkt kreisenden Sonnen bilden aber ein geordnetes Ganzes, ein System, ein Reich. Es gilt also in der That, ein Weltreich zu begründen, zu begrenzen, auszumessen und vor Allem ihm einen Herrscher zu geben. Gewiß eine würdige Aufgabe für die Phantasie, wenn wir uns nicht beeilen, ihr durch den berechnenden Verstand zuvorzukommen!

Wo es sich um die Herrschaft handelt, und wäre es selbst in den fernsten Räumen des Weltalls, da fehlen die politischen Parteien nicht. Monarchisten und Republikaner stehen einander auch hier gegenüber. Entweder eine gewaltige Centralsonne muß dieses Sternsystem beherrschen, Alles überragend an Masse und Kraft, oder ein Gedanke ist es, ein massenloser Punkt, in dem sich alle Anziehungen vereinigen, und dessen Stelle nur zufällig und zeitweilig ein vielleicht unscheinbarer Stern einnimmt. Möglich ist das Eine wie das Andere; für jenes spricht unser Sonnensystem, für dieses sprechen die Doppelsterne. Jedes hat auch seine Partei gefunden und jede Partei ihren namhaften Führer, die monarchische früher in Argelander, die republikanische später in Mädler.



Die Gruppe der Plejaden im Sternbilde des Stiers.

In allen Fällen ist es immer nur der Schwerpunkt, welcher die Herrschaft giebt. Schon der Philosoph Kant, der doch noch nicht die Eigenbewegung der Sterne kannte, meinte im Sirius, dem glänzendsten aller Sterne, die Centralsonne zu finden. Die spätere Beobachtung hat diese Herrschaft freilich nicht bestätigt, im Gegentheil haben wir gesehen, daß Sirius sich mit einem Begleiter um den gemeinsamen Schwerpunkt schwingt.

Die Gegend des Himmels, in welcher Mädler den Schwerpunkt des großen Sternsystemes suchte, umfaßt ungefähr die Sternbilder des Widders, des Stiers, der Zwillinge und des Orion. Eine nähere Bezeichnung glaubte er aus der Eigenbewegung unserer Sonne zu erlangen. Ist die Bahn der Sonne nämlich kreisförmig, so ist die Richtung der Sonnenbewegung, die wir ja kennen, die Tangente des Kreises, in welchem die Sonne sich bewegt. Der Mittelpunkt dieses Kreises und damit der Schwerpunkt des Systemes ist also innerhalb eines größten Kreises zu suchen, welcher jenen bekannten Punkt im Sternbilde des Herkules, gegen welchen unsere Sonne fortschreitet, zum Mittelpunkt hat. Mädler

wandte auf diesen Kreis gewisse, aus der Lage der Milchstraße abgeleitete Andeutungen an, und erhielt so für den wahrscheinlichen Ort des Schwerpunktes die Gegend des Himmels, welche sich vom Perseus zwischen Widder und Stier hinzieht. In den Plejaden des Stiers glaubte Mädler den Schwerpunkt des Himmels zu finden.

Es waren freilich nur unbestimmte Hindeutungen auf das gesuchte Ziel, denn über die wirkliche Form der Sonnenbahn läßt sich im Voraus nicht entscheiden, und mit der Verwerfung der Kreisform schwinden auch alle Schlüsse, die wir daran knüpften. Eine sichere Annäherung zum Ziele würden wir nur in einer genauen Vergleichung der verschiedenen Eigenbewegungen der Sterne finden können. Dazu müßten wir aber im Stande sein, den Sinn dieser Bewegungen richtig zu deuten, und um dies wieder zu können, müßten wir zuvor eine Entscheidung über die Form des gesuchten Schwerpunktes treffen. Ist es ein massenhafter Centralkörper, der ihn in sich schließt, wie Argelander einst meinte, oder ist es ein leerer, massenloser Punkt, wie Mädler meint? Das ist, wie Sie sehen werden, für die Deutung der Sternbewegungen nicht gleichgültig.


Die Gruppe der Hyaden im Sternbilde des Stiers.

Kein glänzender Stern zeigte sich im Sternbilde des Perseus, den Argelander für seine mächtige Centralsonne hätte erklären können, und eine dunkle, unsichtbare Gespenstersonne zur Herrscherin so vieler Millionen glanzvoller Sonnen einsetzen zu wollen, konnte einem Argelander nicht einfallen. Das wäre nun freilich noch kein Beweis für das Nichtvorhandensein einer solchen Centralsonne. Aber machen wir uns doch einmal das fragliche Wesen recht klar. Es wird ein Centralkörper gesucht, der den Fixsternen gegenüber ein ähnliches Uebergewicht behauptet, wie die Sonne gegenüber den Planeten. Wir wollen nun die Anzahl der uns teleskopisch sichtbaren Sterne mit William Herschel nur auf 20 Millionen anschlagen und jedem Sterne durchschnittlich nur eine Masse geben, die der unserer Sonne gleich ist, so erhalten wir für die Masse der gesuchten Centralsonne, wenn sie auch nach dem in unserem Sonnensysteme bestehenden Verhältniß 720—750mal die Gesammtmasse ihres Systemes übertreffen soll, eine Masse, die 15 Milliarden unserer Sonnenmasse gleich wäre, und einen Körper, der bei der Dichtigkeit unserer Sonne 2450mal diese an Durchmesser überträfe. In welch ungeheuere Entfernung müßten wir diesen Koloß hinausrücken, oder wie unendlich gering müßten wir seine Leuchtkraft anschlagen, wenn er nicht als zweite Sonne an unserem Firmamente strahlen sollte!

Das ist allerdings ein starker Einwurf gegen die Wahrscheinlichkeit einer solchen Centralsonne. Aber ein ungleich gewichtigerer läßt sich aus den Eigenbewegungen der Sterne herleiten. In einem Systeme von Welten, in welchem die Anziehung eines massenhaften Centralkörpers die Bewegungen leitet, müssen nothwendig die raschesten Bewegungen in der größten Nähe dieses anziehenden Körpers stattfinden. So ist es in der That in unserem Sonnensystem. Sie wissen, daß die Geschwindigkeit des Merkur 10mal die des fernen Neptun übertrifft, und daß im weitgeschweiften Laufe der Kometen oft noch 10- und 20mal größere Unterschiede der Geschwindigkeit vorkommen. Auch in der Nähe jener angenommenen Centralsonne müßten also unzweifelhaft besonders schnelle Bewegungen der Sterne sich zeigen. Noch ist aber keine Gegend des Himmels gefunden worden, in welcher so schnelle Bewegungen um einen Punkt sich gruppirten, und doch könnten sie eben darum der Beobachtung am wenigsten entgehen. Wollte man selbst zugeben, daß die Schnelligkeit solcher Bewegungen durch eine ungeheure Entfernung minder bemerklich werden könnte, so würde durch diese Entfernung wieder der störende Einfluß der Sonnenbewegung aufgehoben, und wir müßten die reinen Eigenbewegungen der die Centralsonne umkreisenden Sterne selbst erblicken. Es müßte sich also irgend eine Sterngruppe auffinden lassen, in der alle möglichen Richtungen der Eigenbewegung gleich häufig vertreten wären. Mädler, der mehr als 3000 Sterne in Betreff ihrer Eigenbewegungen verglich, hat für keine einzige Gegend des Himmels den Einfluß der Sonnenbewegung ganz schwinden sehen.

So sind wir denn genöthigt, den Glauben an eine einzelne allumfassende Centralsonne aufzugeben. Wir könnten nun meinen, es bestehe überhaupt kein innerer, gesetzlicher Zusammenhang zwischen diesen zahllosen Sternen, es sei in Wirklichkeit nur ein Haufenwerk, nicht ein System von Welten, und die Eigenbewegungen der Sterne ließen sich aus einer Anziehung der zufällig nächststehenden Sterne erklären. Dagegen aber würden wieder die Doppelsterne ein wichtiges Zeugniß bilden. Nicht etwa das Dasein der Doppelsterne überhaupt! Denn warum sollten nicht auch kleine Systeme von diesen Haufen umschlossen werden? Aber diese Doppelsterne zeigen auch eine Eigenbewegung, und die Größe dieser Eigenbewegung übertrifft durchschnittlich fünfmal die durch die gegenseitige Anziehung bewirkte Bahnbewegung der Doppelsterne. Man würde ungeheure Sonnenmassen anzunehmen haben, um durch deren Anziehung aus weiter Ferne so gewaltige Wirkungen hervorbringen zu lassen. Dazu kommt noch die neuerdings bemerkte Thatsache, daß das Band eines gemeinsamen Konnexes am Sternhimmel sich nicht blos auf die nur wenige Sekunden von einander entfernten Doppelsterne erstreckt, sondern daß so weit von einander stehende Fixsterne, als die hellen Sterne β, γ, δ, ε, ζ im großen Bären, nach Bewegungsrichtung und Geschwindigkeit einem engeren Verbande angehören.

Die Anordnung aller dieser Welten zu einem einheitlichen System ist also sehr wahrscheinlich. Nur eine andere Gestaltung dieses Systems müssen wir suchen, als wir sie aus unserem Sonnensystem abgeleitet hatten. Da sind es denn die Doppelsterne, in denen wir den Gedanken lesen, nach welchem die Natur Welten zu ordnen weiß.

Erinnern Sie sich der Umwälzung, welche die Doppelsterne in unseren Vorstellungen hervorbrachten! Wir sahen hier gleichberechtigte Glieder ein System bilden, und keinem vermochten wir die Bezeichnung eines Hauptsternes beizulegen. Wir waren genöthigt, sogar auf unser Sonnensystem die veränderte Anschauung überzutragen und die Herrschaft unserer Sonne zu erschüttern. Ein System, auf das Newton'sche Anziehungsgesetz gegründet, so lautete unser Urtheil, erfordert nichts als einen gemeinsamen Schwerpunkt. Nur die Art der Bewegung ist an die Vertheilung der Massen in einem solchen System geknüpft. Immer ist es zwar die gesammte Masse, welche die Anziehung ausübt, aber für einen Punkt innerhalb der anziehenden Masse entspricht die Größe der Anziehung doch nur dem Abstande von dem Schwerpunkte, da alle darüber hinaus liegenden anziehenden Kräfte durch den Gegensatz ihrer Richtungen einander aufheben. Bei einer gleichen Vertheilung der Massen, also bei Abwesenheit einer überwältigenden, den Schwerpunkt umschließenden Centralmasse, müssen die Anziehungen wachsen mit der Entfernung vom Schwerpunkt. Bei kreisförmigen Bewegungen der Körper eines solchen Systemes muß auch die Geschwindigkeit dieser Bewegungen in demselben Verhältniß wachsen; alle Glieder müssen in gleicher Zeit ihren Kreislauf vollenden und vom Mittelpunkt aus gesehen in gleichen Zeiten gleiche Winkel beschreiben.

Ein solches System nun muß annähernd wenigstens das große System unserer Fixsternwelt sein. Die Bewegungserscheinungen müssen hier also gerade entgegengesetzter Art sein, als wir sie nach den in unserm Sonnensysteme gemachten Erfahrungen zu erwarten hatten. Nicht die schnellsten, sondern gerade die langsamsten Bewegungen haben wir in der Nähe des Centralpunktes zu suchen. Ständen wir in der Mitte des Systemes selbst, so würde uns die Geschwindigkeit überall dieselbe, also unabhängig von der Entfernung und damit auch unabhängig von der Helligkeit erscheinen, soweit wir nämlich von der Helligkeit auf die Entfernung schließen dürfen. Stehen wir aber, wie es doch wahrscheinlich ist, außerhalb dieser Mitte, so müssen wir wenigstens einigermaßen eine Abhängigkeit zwischen der Bewegungsgeschwindigkeit und der Helligkeit bemerken. M ä d l e r glaubte dies in der That gefunden zu haben und kam in einer großen Untersuchung zu dem Resultate, daß bezüglich der Plejadengruppe, speziell bezüglich des hellsten Sternes derselben, Alcyone, alle scheinbaren Bewegungen sich genau so gestalteten, um jenen Stern als den Centralpunkt unseres Fixsternsystemes erscheinen zu lassen. Indessen legte Mädler diesem Sterne keineswegs eine so große Masse bei, als erforderlich ist, um das ganze Fixsternheer um sich herum zu führen, sondern er behauptete nur, daß dieser Stern, mehr oder weniger zufällig dem Schwerpunkte unseres Fixsternsystemes sehr nahe stehe. Sehen wir nun einmal genauer zu, wie sich unter Annahme eines solchen Schwerpunktes die Bewegungen der Fixsterne gestalten müssen.

Zunächst darf in dem Schwerpunkt des Systemes selbst und in seiner unmittelbaren Umgebung keine andere Bewegung bemerklich sein als die, in welcher sich etwa die Sonnenbewegung abspiegelt. Die Richtung dieser Bewegung aber läßt sich sehr leicht aus der bekannten Sonnenbewegung für jeden Stern durch Rechnung ermitteln. Sie wird angegeben durch einen größten Kreis, den

man von jenem Punkte des Herkules, dem Zielpunkte unserer Sonnenbewegung, durch den betreffenden Stern zieht. Es muß sich ferner in den Eigenbewegungen der Sterne mit dem wachsenden Abstande vom Schwerpunkte eine gewisse regelmäßige Zunahme der Geschwindigkeit erkennen lassen, die aber über einen Abstand von 90° hinaus verschwinden muß. Ebenso müssen auch mit dem zunehmenden Abstande die Abweichungen der Eigenbewegungen von derjenigen Richtung, welche ihnen die sich darin spiegelnde Sonnenbewegung anweist, zunehmen. Diese Abweichungen dürfen aber in der Nähe des Centralpunktes nicht leicht 90° erreichen, da die wahre Eigenbewegung der Sterne hier nicht leicht größer sein kann, als die scheinbare, welche ihnen durch die Bewegung der Sonne mitgetheilt wird.

Diese Bedingungen sind es, welche über den Ort des himmlischen Schwerpunktes entscheiden. Mädler hat, wie schon erwähnt, über 3000 Sterne des Bradley'schen Verzeichnisses zu diesem Zwecke untersucht, und die einzige Gegend des Himmels, für welche sie sich in befriedigender, ja überraschender Weise erfüllten, ist nach seiner Meinung die Gruppe der Plejaden im Sternbilde des Stieres. Die Abweichung von der durch den alleinigen Einfluß der Sonnenbewegung vorgeschriebenen Richtung beträgt für den Hauptstern der Plejaden, die Alcyone, nicht mehr als 0",23. Die Größe dieser Abweichungen, wie die Stärke der Eigenbewegungen überhaupt, wächst bis auf einen Abstand von 60° von der Alcyone in unverkennbarer Weise, und endlich kommen Abweichungen von mehr als 90° in der Nähe der Plejaden nur in so geringer Zahl vor, daß für die bisher beobachteten Sterne diese Fälle in einem Abstande von 10° nur 3, in einem Abstande von 30° nur 21 Prozent erreichen.

Die Gruppe der Plejaden also wäre es, in welcher Sie nach **Mädler** den Schwerpunkt unserer Sternwelt suchen müssen. Diese glänzende, fast 500 Sterne umfassende Sterngruppe, zu der schon das früheste Alterthum mit ahnender Bewunderung aufschaute, wäre der Bewegungsmittelpunkt für alle die Millionen Sonnen, welche unser Fixsternsystem bilden. Alcyone, der optische Mittelpunkt dieser Gruppe, vielleicht auch der physische, da sie den theoretischen Bedingungen am vollkommensten entspricht, hätte sonach ein Recht auf den stolzen Namen der Centralsonne, wenn ein solcher Name überhaupt noch eine Bedeutung hat in dieser republikanischen Weltordnung. Jedenfalls erlangt sie dieses Herrscherrecht nicht durch ihre Masse; wie wäre auch ein Massenübergewicht gegenüber Millionen von Sternen zu denken! Vielleicht ist es nur die große Zahl der in diese Gruppe zusammengedrängten Sterne, welche den Schwankungen des Schwerpunktes Grenzen setzt, und die Masse der Plejaden gerade nur groß genug, um den Schwerpunkt auf ihr Gebiet zu bannen. Alcyone ist ein Stern wie alle Sterne, dem gleichen Naturgesetz unterworfen, das unserer Sonne die Herrschaft über ihr Planetensystem verlieh!

Vor Allem sehen wir uns unsere Sonnenbahn von diesem veränderten Standpunkte an! Ihre Kreisform müssen wir aufgeben. Das geht aus dem Abstande jenes Punktes im Herkules, auf den unsere Sonnenbewegung gerichtet ist, von dem gefundenen Schwerpunkte hervor. Denn dieser Abstand beträgt nicht 90°, wie es die Annahme einer Kreisbahn fordert, sondern 111½°, deutet

also auf eine ziemlich starke Excentrizität hin. Sodann müssen wir der Ebene der Sonnenbahn eine sehr bedeutende Neigung gegen die Ebene unserer Ekliptik zuschreiben. Dazu nöthigt uns die fast senkrecht gegen die Ekliptik gerichtete scheinbare Bewegung der Plejadengruppe. Ebenso wenig dürfen wir an ein sehr nahes Zusammenfallen der Ebene der Sonnenbahn mit der Ebene der Milchstraße denken. Auch werden wir überhaupt nicht leicht irgend eine solche gemeinsame Grundebene für die Bahnen der einzelnen Fixsterne auffinden, wie wir sie an unserer Ekliptik für die Bahnen der Planeten in unserem Sonnensystem hatten und wie die Fixsternhaufen sie in der Ebene der Milchstraße besitzen. Die Fixsterne unseres Systems scheinen vielmehr gleich den Kometen nach allen Richtungen hin durch den Raum zu schweifen. Die Bahnbewegung unserer Sonne lernen wir an der scheinbaren Eigenbewegung der Plejaden kennen, in der sie sich fast unentstellt wiederspiegelt. Die Eigenbewegung der Alcyone beträgt aber jährlich 0,0471 Sekunden, die durchschnittliche der Plejaden überhaupt 0,0582 Sekunden. Nehmen wir diese Bewegung für die mittlere Bewegung unserer Sonne, so können wir daraus leicht die Zeit berechnen, welche die Sonne gebraucht, um ihre ganze Bahn zu durchlaufen. Wir erhalten aus der ersten Zahl fast 28, aus der zweiten 22¼ Millionen Jahre. Da ist unser Erdenjahr freilich nur ein Augenblick in diesem langen Jahre der Sonne!

Aber lassen Sie uns auch messen! Lassen Sie uns vor allen Dingen den Raum durchmessen, der uns von dem gemeinsamen Schwerpunkt, von der sogenannten Centralsonne trennt! Dazu bedürfte es nun freilich zunächst einer Kenntniß von der Parallaxe der Alcyone. Aber eine solche besitzen wir nicht. Mädler versuchte daher auf indirektem Wege, durch Schlüsse und Rechnung zu erlangen, was die Beobachtung noch versagt.

Die Eigenbewegung der Alcyone oder vielmehr die darin abgespiegelte der Sonne, das ist die einzige Thatsache, auf welche wir unsere Schlüsse gründen sollen. Wir wissen also nur, unter welchem Winkel, von der Alcyone gesehen, die jährliche Fortbewegung der Sonne erscheint. Kennten wir auch die wirkliche Größe dieser Bewegung, vermöchten wir sie in Erdbahnhalbmessern auszudrücken, so könnten wir rückwärts schließen, unter welchem Winkel uns ein solcher Erdbahnhalbmesser, von der Alcyone gesehen, erscheinen würde, und das wäre ja die Parallaxe der Alcyone. Wir müssen also zuvor auf anderem Wege eine Kenntniß von der wahren jährlichen Sonnenbewegung zu erlangen suchen. Dies wird uns gelingen, wenn wir von einem Stern aus, dessen wahren Abstand von der Sonne wir kennen, die jährliche Winkelbewegung der Sonne zu messen vermögen. Ein solcher Stern wäre nun etwa der bekannte 61ste im Schwan. Seine Parallaxe ist uns bekannt; sie beträgt 0,5 Sekunden. Er eignet sich überdies besonders zu unserem Zwecke, da wir aus seinem scheinbaren Abstande von den Plejaden auf einen nahezu dem unserer Sonne gleichen wirklichen Abstand von den Plejaden schließen, also auch die wirkliche Fortbewegung dieses Sternes der unserer Sonne ziemlich gleich setzen können. Die jährliche Eigenbewegung des 61sten Sternes im Schwan, welche die Beobachtung zu 5,221 Sekunden angiebt, würden wir für die unserer Sonne annehmen können, wenn sie nicht durch unsere Stellung zu diesem Sterne wie durch eigene Fortbewegung

nothwendig bedeutend verkürzt und entstellt erscheinen müßte. Die wahre Winkelbewegung der Sonne aber verlangt eine Beobachtung in gerader Richtung zum Mittelpunkte der Bewegung. Es ist nun in der That möglich, durch Rechnung den 61sten Stern des Schwanes in eine solche Richtung zu verschieben und die wirkliche Winkelbewegung der Sonne, in dem Abstande dieses Sternes gesehen, zu ermitteln. Die Größe dieser Bewegung beträgt 4,4151 Sekunden. Das Verhältniß dieser Winkelbewegung zur Parallaxe des Sternes ergiebt uns die wahre jährliche Fortbewegung der Sonne, in Erdbahnhalbmessern ausgedrückt. Wir erhalten dafür 9 Erdbahnhalbmesser oder 180 Millionen Meilen. Die Eigenbewegung der Plejaden haben wir aber als die treue Abspiegelung dieser Sonnenbewegung erkannt, und der kleine Winkel von 0,0582 Sekunden, den wir dafür maßen, giebt uns damit den Winkel an, unter welchem jene 9 Erdbahnhalbmesser in der Entfernung der Plejaden gesehen werden. Die Eigenbewegung der Plejaden entspricht also der 9fachen Parallaxe dieser Sterngruppe, und diese Parallaxe selbst berechnet sich daraus auf 0,0065 Sekunden. Eine solche Parallaxe aber ergiebt eine wirkliche Entfernung von 32 Millionen Sonnenweiten oder 640 Billionen Meilen, eine Entfernung, die das Licht in 500 Jahren durchläuft.

Welch ungeheuere Entfernung ist das, in die wir nach Mädler den Schwerpunkt unseres Weltsystemes setzen müssen! Und doch befinden wir mit unserer Erde uns sicherlich nicht an den Grenzen dieses Systemes, doch stehen wir unbestreitbar sogar der Mitte näher, als den Grenzen.

Gewiß haben alle diese Zahlen nur einen zweifelhaften Werth, denn sie sind aus Bedingungen erschlossen, die an sich unsicher, zum Theil offenbar der Wahrheit widersprechend waren. Sie können nicht auf eine Geltung Anspruch machen, wie wir sie noch den Zahlen für die Parallaxe der Fixsterne, für die Bahnbewegungen der Doppelsterne selbst zugestehen durften; sie können am wenigsten mit den Zahlen, die wir in unserem Sonnensysteme fanden, eine Vergleichung aushalten. Aber sie haben doch die Bedeutung, daß sie uns eine annähernde Anschauung von den Raum- und Formverhältnissen unseres großen Weltganzen gewähren, daß sie der Phantasie Schranken setzen in Räumen, in denen sie nur zu leicht einen Schauplatz für die wildesten Ausschweifungen findet. Ich habe Ihnen nun die Ergebnisse, zu welchen Mädler über den Bau unseres Fixsternsystemes gelangt ist, in Kürze mitgetheilt. Ich darf jedoch nicht verschweigen, daß, so geistreich auch immer die Kombinationen sein mögen, durch welche dieser sehr verdienstvolle Astronom zu seinen großartigen Resultaten gelangte, dennoch diese letzteren keineswegs den Beifall der übrigen Himmelsforscher gefunden haben. Schon Kowalsky hat gezeigt, daß das von Mädler gefundene Verhalten der Eigenbewegungen sich für alle in der Nähe der Milchstraße gelegenen Punkte in ähnlicher Weise zeigen muß, und daß die Zone, welche die kleinsten Eigenbewegungen enthält, sehr nahe mit dem Gürtel der Milchstraße zusammenfällt, während die stärksten Bewegungen näher den Polen derselben vorkommen. Auch die Annahme Mädler's über die Stellung der Milchstraße zu unserem Sternsysteme ist unrichtig. Ich habe Ihnen die Anschauungen dieses Astronomen über den Bau der Milchstraße nicht mitgetheilt, weil es mir in der That völlig unzulässig erschien, mehrere konzentrische

Ringe von Sternen anzunehmen, die miteinander durch lange Säulen von einzelnen Sonnen, wie durch Stäbe verbunden sein sollen. Dennoch spielt diese Annahme eine wichtige Rolle in der Mädler'schen Fixsternwelt.

Ueber den Kausalnexus innerhalb unseres Fixsternhaufens ist zur Zeit etwas *Sicheres* noch nicht ergründet; es gehören dazu gewiß Beobachtungen, die sich über ungeheuere Zeiträume vertheilen und solche stehen uns heute noch nicht zu Gebote. Dagegen hat es die Spektralanalyse, die Sie bereits mehrere Male hülfreich eingreifen sahen, möglich gemacht, das Fixsternreich von einem anderen Gesichtspunkte aus zu untersuchen, nämlich von dem Gesichtspunkte der physischen Konstitution und der chemischen Zusammensetzung seiner einzelnen Sonnen. Zuerst *Huggins*, dann *Secchi* und zuletzt *Vogel* haben auf diesem Gebiete wichtige Resultate errungen. *Secchi* war der Erste, dem es gelang, unter dem großen Heere der Fixsterne bestimmte Typen zu erkennen, und der die ungeheuere, weit durch den Weltraum zerstreute Schar jener fernen Sonnen nach physikalisch-chemischen Gesichtspunkten gruppirte. Vogel hat unlängst die Ergebnisse seiner bisherigen Untersuchungen unter allgemeine Gesichtspunkte gebracht. Ich will Ihnen dieselben mit seinen eigenen Worten mittheilen. Er sagt:

„Die einzige rationelle Klassifikation der Sterne nach ihren Spektren dürfte erhalten werden, wenn man von dem Gesichtspunkte ausgeht, daß sich im Allgemeinen in den Spektren die Entwicklungsphase der betreffenden Weltkörper abspiegele. Es lassen sich dann drei ganz vorzüglich geschiedene Klassen aufstellen, nämlich:

1. Sterne, deren Glühzustand ein so beträchtlicher ist, daß die in ihren Atmosphären enthaltenen Metalldämpfe nur eine überaus geringe Absorption ausüben können, so daß entweder keine oder nur äußerst zarte Linien im Spektrum zu erkennen sind. (Hierher gehören die weißen Sterne.)

2. Sterne, bei denen ähnlich, wie bei unserer Sonne, die in den sie umgebenden Atmosphären enthaltenen Metalle sich durch kräftige Absorptionslinien im Spektrum kundgeben (gelbe Sterne), und endlich:

3. Sterne, deren Glühhitze so weit erniedrigt ist, daß Assoziationen der Stoffe, welche ihre Atmosphären bilden, eintreten können, welche, wie neuere Untersuchungen ergeben haben, stets durch mehr oder weniger breite Absorptionsstreifen charakterisirt sind (rothe Sterne)."

Zur ersten Klasse gehören u. A. Sirius, Wega, β, γ, δ, ε im Orion und die Sterne, in denen die Wasserstofflinien hell erscheinen, und außer diesen die Linie D_3 ebenfalls hell sichtbar ist, nämlich β in der Leyer und γ in der Kassiopeja.

Zur zweiten Klasse gehören neben unserer Sonne, Kapella, Arktur, Aldebaran.

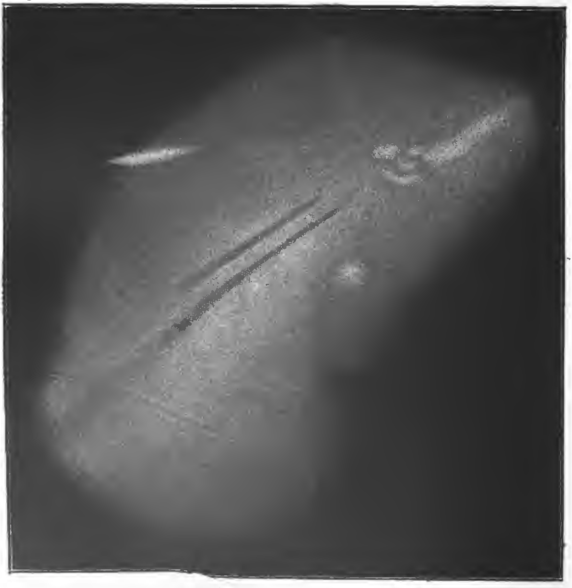
Zur dritten Klasse endlich α im Herkules, α im Orion, β im Pegasus und viele rothe Sterne, besonders veränderliche.

Neben den bisher genannten Forschern hat sich auch *d'Arrest* um die spektroskopische Durchforschung des Himmels große Verdienste erworben. Unter 11,000 von ihm untersuchten Sternspektren fand er nur 5 neue, welche dem

vierten von Secchi aufgestellten Typus angehörten. Dagegen fanden sich ausgezeichnete Spektra des dritten Typus zahlreich und in allen Richtungen über den Himmel zerstreut. Jener vierte Sterntypus, dessen Spektrum durch drei helle Banden charakterisirt wird, ist übrigens nur bei einigen lichtschwachen Sternen bisher gefunden worden und wie es scheint, an intensiv rothe und orange Färbung der Sterne geknüpft. Wie dieser Typus in Bezug auf die Entwickelungsphase der betreffenden Sterne zu deuten sei, ist jetzt noch nicht zu entscheiden, zumal eine gründliche Durchmusterung des südlichen Himmels in spektroskopischer Beziehung gegenwärtig noch ein frommer Wunsch ist.

Sie sehen, die Wissenschaft führt uns hier auf das dunkle Gebiet des Werdens und Vergehens ferner Sonnen, sie zeigt uns, vorerst noch im Dämmerlichte, die verschiedenen Entwickelungsphasen der einzelnen Glieder unseres Sternhaufens.

Jetzt aber treten Sie an die Grenzen unseres Fixsternhimmels! Ein neuer unabsehbarer Ozean thut sich vor Ihnen auf. Es war nur eine kleine Insel, auf der Sie weilten, eine kleine Insel dieses gewaltigen, Millionen Welten umfassenden Reiches. Drüben über den dunklen Fluten des Ozeans des Raumes schimmern Ihnen die Küsten neuer zahlloser Inseln entgegen. Steuern Sie muthig hinüber zu jenen nebelnden Inseln der Ferne, — hinter Ihnen wird die Riesenwelt, unser Fixsternhaufen, in einen schimmernden Nebelfleck entschwinden!



Nebel im Sternbild der Andromeda nach G. P. Bond. (Vgl. S. 462 unten).



Die Magellan'schen Wolken.

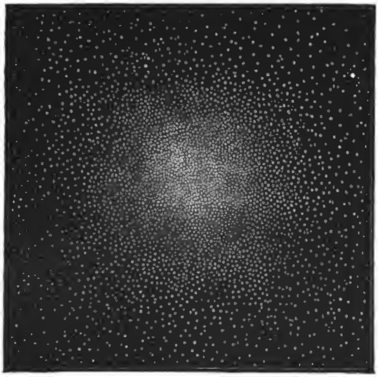
Siebentes Kapitel.

Die Nebelflecken und die Nebelsterne.

Mit reinen Saiten wag' empor zu bringen,
Du wirst der Sphären ew'ge Lieder singen.

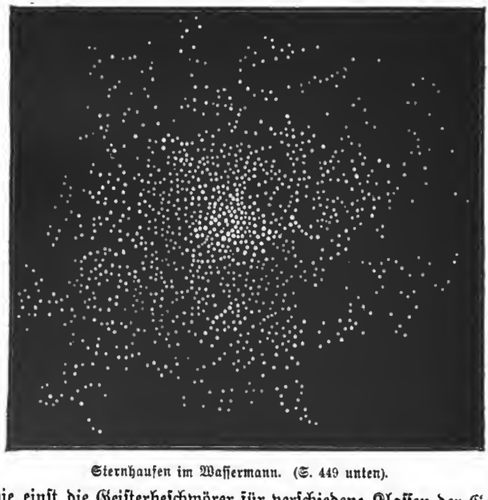
Tiefdunkle Nacht umgiebt uns. Da taucht am fernen Himmelsgrunde ein schimmerndes Wölkchen auf, jenen zarten, weißlichen Nebelflocken gleich, wie sie bisweilen über den klarblauen Sommerhimmel hinschweben. Das Nebelwölkchen wird allmählich lichter, es entfaltet sich zu glänzenden Streifen und funkelnden Sternchen, bis es einem wunderbar gestalteten Diadem voll prächtig schimmernder Edelsteine gleicht. Es erinnert Sie an die schönen Sterngruppen der Plejaden, der Hyaden, des Haares der Berenice, nur sind die Lichtpunkte hier dichter, reicher. An ein Zählen ist gar nicht zu denken. Auf einem kreisförmigen Raume von 8 Minuten Durchmesser, kaum dem funfzehnten Theile der Vollmondscheibe gleich, von der Erde gesehen, zeigen sich mehr als 20,000 glänzende Sterne zusammengedrängt. Solche Sternhaufen, wie Sie sie umstehend im Sternbilde des Centauren und im Sternbilde des Wassermanns sehen, sind zahllos über den ganzen Himmel verbreitet, oft einem Haufen Goldsand gleichend, bisweilen in der Mitte von einem größeren, herrlich gefärbten Sterne, wie dem Rubin oder Smaragd in einem Diadem, geschmückt. Freilich auch kleinere, grober zerstreute Sternhaufen werden Sie am Himmel antreffen, ja Sie können dieselben mit bloßem Auge erkennen, wie die Sterngruppe im Perseus (S. 452 ob.)

oder mittels eines Opernguckers in Sterne auflösen wie bei der bekannten „Krippe“ im Krebse (S. 452 unt.). Diese kleinen, wenig gehaltreichen Sterngruppen stehen uns im Raume verhältnißmäßig sehr nahe, doch sind sie immer durch viele Billionen Meilen von der Sonne entfernt.

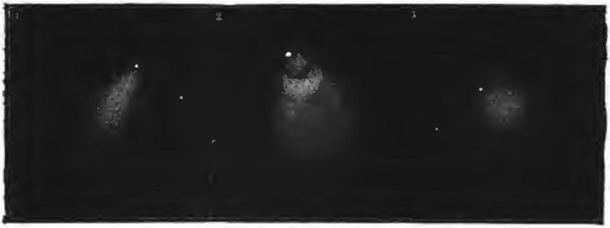


Sternhaufen im Centauren, nach J. Herschel.

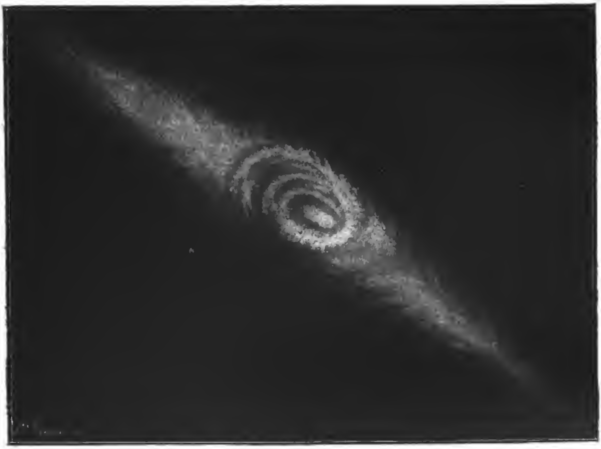
Getragen von den geistigen Schwingen, die ich Ihnen geliehen, sind Sie in diese Fernen vorgedrungen, ist es Ihnen gelungen, die schimmernden Nebel in Sterne aufzulösen, und Sterne sind Welten! Der Astronom vollbrachte dieses Werk durch die Macht seiner Fernröhre; er zog die Wunder des Himmels zur Erde nieder und beraubte sie gewaltsam ihres verhüllenden Schleiers. Aber nicht immer vermag das Fernrohr den Zauberschleier zu zerreißen, den Nebel in Sterne aufzulösen. Seltsame Gestalten lockt es oft aus den Tiefen des Himmels herauf, bald runden Scheiben oder Ringen, bald langgestreckten Kometenschweifen und Fächern ähnlich, bald über viele Vollmondbreiten ausgedehnt, bald in einen einzigen Punkt zusammengedrängt — und Alles nur schimmerndes Licht, verschwimmender Nebel, nirgends ein einzelner Stern unterscheidbar! Man weiß, wie einst die Geisterbeschwörer für verschiedene Klassen der Geister Zaubermittel und Beschwörungsformeln von verschiedenen Graden und Wirkungen bereit hielten.



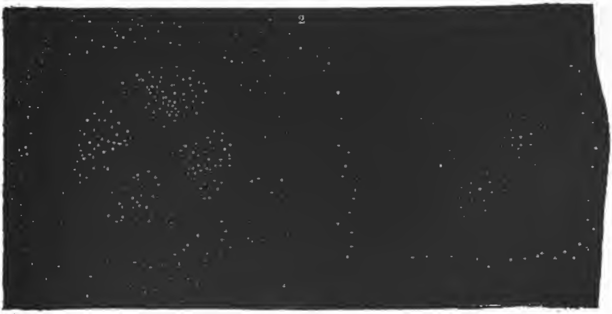
Sternhaufen im Wassermann. (S. 449 unten).



Kometarische Nebel, nach J. Herschel und Rosse (vgl. S. 454).



Elliptischer Nebel im Löwen, nach Rosse. (S. 454 unten).



Sternhaufen von eigenthümlicher Form, nach J. Herschel. (S. 452 Mitte).

Ebenso wußten auch die Astronomen jenen abenteuerlichen Gestalten mit immer stärkeren Waffen zu Leibe zu gehen. Lord Rosse richtete sein gewaltiges 53füßiges Teleskop gegen sie, und die wunderlichen Formen schwanden, die regelmäßigen Umrisse der Kreise, Ringe, Fächer, Kreuze, mit denen die geschäftige Phantasie bereits den Himmel bevölkert hatte, verschwammen in regellose Streifen und flockige Wolken. Schon William Herschel hat eine Menge von Nebelflecken entdeckt, die sich in seinen großen Teleskopen in Haufen zahlloser Sterne auflösten; noch mehrere hat später sein Sohn John Herschel beobachtet und gezeichnet. Es sind merkwürdige Gebilde darunter, wie z. B. jener Sternhaufen im Tucan des Südhimmels, den Sie auf Seite 434 in treuer Nachbildung gesehen haben.


Sterngruppe im Perseus. (S. 450 oben).

Bei vielen kommen sehr merkwürdige Anordnungen der einzelnen Sterne in solchen Sternhaufen vor, und auch hiervon will ich Ihnen ein paar Beispiele in getreuen Nachbildungen vorlegen (vgl. S. 451 unten).

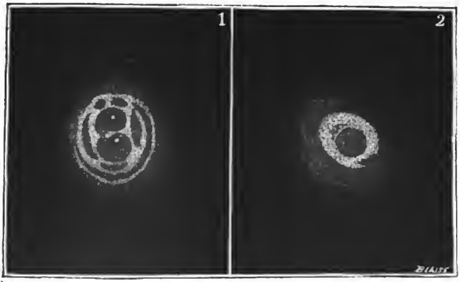

Sterngruppe „Krippe" im Krebs. (S. 450 oben).

Aber **alle** jene nebelhaft schimmernden Welten lösten sich selbst durch Rosse's Riesenteleskop nicht in Sterne auf, viele blieben Nebel, weil sie, wie uns die Spektralanalyse zeigt, in der That glühende Nebelmassen sind! — Betrachten wir nun einzelne dieser merkwürdigen Gebilde etwas genauer. Bei manchen finden wir ziemlich regelmäßige Figuren, Kreise oder Ellipsen, und symmetrisch zu denselben findet man kleine Sterne. Eine Auswahl solcher Objekte sehen Sie S. 453 u. 455 bildlich zusammengestellt. Ich glaube, daß man schon aus dem Anblicke dieser getreuen Nachbildungen mit einiger Wahrscheinlichkeit schließen kann, die Stellung jener Sterne zu dem betreffenden Nebelmeteore sei keine zufällige, sondern stehe in einer ursächlichen Beziehung zu dem Nebel selbst.



Ansicht von Sternhaufen, nach Zeichnungen von J. Herschel. 1. In der Wage; 2. im Herkules; 3. im Steinbock; 4. im Wassermann 5. im Ophiuchus; 6. in den Zwillingen. S. 452.

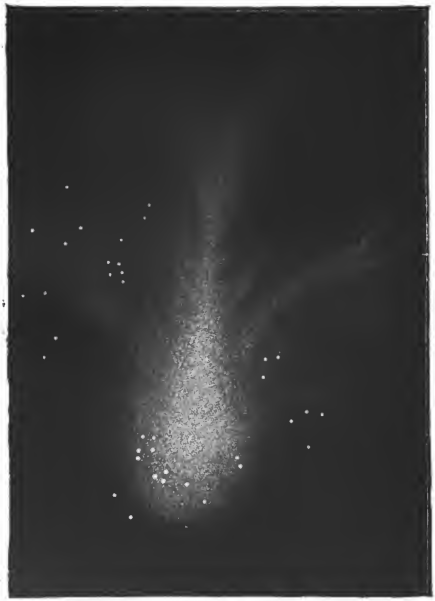
Die Abbildung auf Seite 455 Mitte zeigt uns Sternnebel nach des jüngeren Herschel Beobachtungen 1. im Sternbilde des Schwan, 2. im Perseus, 3. in dem Centauren, 4. im Schützen, 5. im Fuhrmann, 6. in der Andromeda.



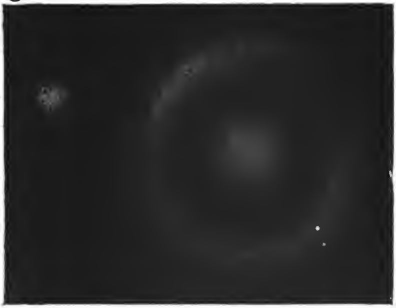
Planetarische Nebel, nach Lord Rosse. 1. Im Großen Bär; 2. in der Andromeda. (Vgl. S. 456 Mitte).

Eine sehr merkwürdige Klasse von Nebeln sind die sogenannten kometarischen Nebel, weil sie in ihrem Aussehen eine gewisse Aehnlichkeit mit unseren Kometen zeigen. Man sehe die Abbildung auf Seite 451 oben, mit Sternnebeln 1. aus dem Eridanus, 2. aus dem Einhorn, 3. aus dem Großen Bär.

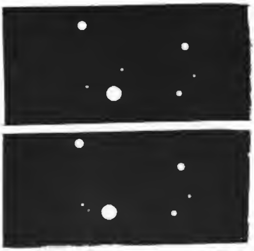
Auch bei ihnen zeigt sich bisweilen ein Stern in charakteristischer Stellung meist an dem einen Endpunkte. Ein interessantes Gebilde dieser Art ist ein Nebel im Schiffe, von welchem J. Herschel eine schöne Abbildung gegeben hat, die Sie auf S. 455 unten links treu nachgebildet vor sich sehen.


Nebel im Stier, nach Lord Rosse. (S. 456 Mitte).

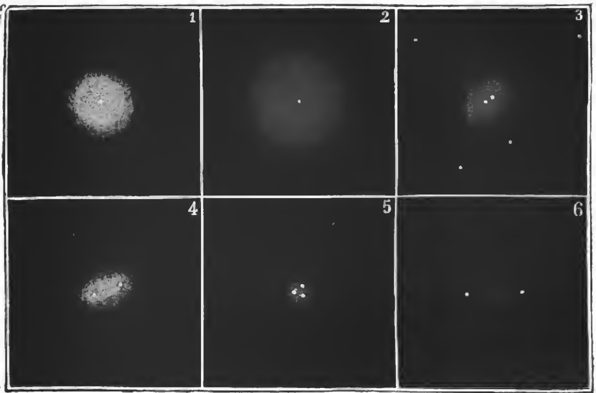
Jener Nebel (S. 451 Mitte) im Sternbilde des großen Löwen, den ein gutes Fernrohr uns als einen langgezogenen elliptischen Nebel mit hellem Kern zeigen würde, nimmt jetzt ein flockiges, fast spiralförmig gewundenes Aussehen an. Rosse's Riesenteleskop löst sein Centrum in elliptische Schichten auf.



Nebel in den Jagdhunden, nach J. Herschel. (S. 456 unten).



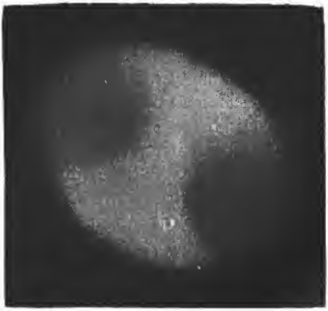
Veränderungen im Orion-Trapez. (S. 462 o.).



Sternnebel, nach J. Herschel (vgl. S. 454 oben).



Sternnebel im Schiff, nach J. Herschel. (S. 454).



Dumb-Bell-Nebel im Fuchs. (S. 456 oben)

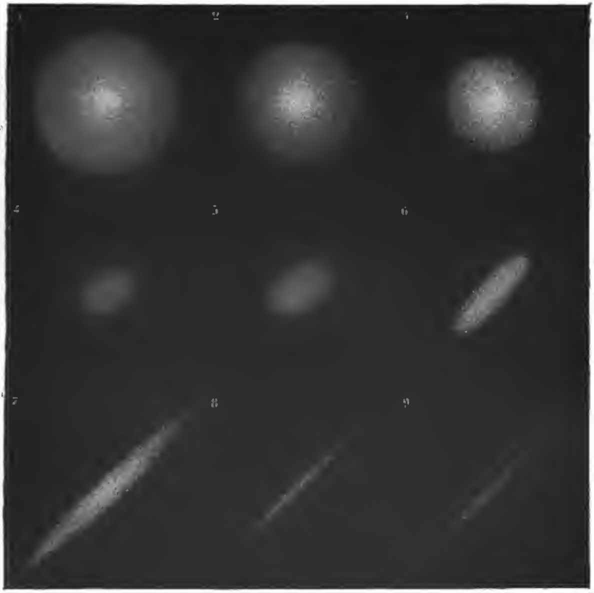
Ein anderer merkwürdiger Nebel befindet sich im Fuchse. Sir John Herschel hat ihn unter dem Namen Dumb-Bell-Nebel beschrieben und gezeichnet. Man sieht die Zeichnung Herschel's auf Seite 455 rechts unten.

Lord Rosse's mächtigeres Teleskop zeigte diesen Nebel in einer wesentlich veränderten Gestalt, von welcher Ihnen die Abbildung S. 460 eine Vorstellung giebt. Sie sehen hier eine Menge einzelner Lichtpunkte, und Rosse hat sie in der That für Fixsterne, den ganzen Nebel also für einen wahren Sternhaufen gehalten. Die Spektralanalyse wies aber nach, daß wir es hier mit einem glühenden Gase zu thun haben, das im Spektroskope eine der Stickstofflinien zeigt. Jene hellen Punkte sind also keine eigentlichen Fixsterne, sondern Nebelbälle.

Im Sternbilde des Sobieski'schen Schildes befindet sich ein merkwürdig gewundener Nebel, der wegen seiner Aehnlichkeit mit einem griechischen Buchstaben (Ω) von John Herschel den Namen Omega-Nebel erhalten hat (S. 458 ob.). Die einzelnen Theile sind von ungleicher Helligkeit; vielleicht projiciren sich hier mehrere Nebel für unseren Anblick aufeinander. An anderen Orten des Himmels werden Sie eigenthümliche, unseren Planetenscheiben ähnliche kleine Nebel, kreisförmige, scharfbegrenzte Scheiben mit gleichmäßigem Lichte erblicken. Sie sehen S. 463 drei davon, nach Zeichnungen des jüngeren Herschel; der erste befindet sich im Sternbild des großen Löwen, der zweite in den Fischen, der dritte in der Andromeda. Ich will Ihnen noch einige hierher gehörige Nebel bildlich vorführen, vgl. die Abbildung Seite 457 oben.

Sie sehen aus diesen verschiedenen Formen, daß sie in einander übergehen. Wenn Sie den Nebel Nr. 1 recht flach denken, so wird er bei schräger Betrachtung die Gestalt Nr. 4 annehmen, und wenn Sie nur seine Kante sehen, in Form von Nr. 7 erscheinen. Aehnliches gilt von den Nebeln Nr. 2 und Nr. 3.

Die planetarischen Nebel haben sich bei der Untersuchung in Rosse's Teleskop vielfach als sehr komplizirt erwiesen, wie Sie dies aus Figur S. 454 ob. ersehen können. Aehnliches widerfährt jenen runden Nebelmassen, die bisweilen, wie im Sternbilde des Stiers (S. 454) hellglänzende Fixsterne umgeben, oder mehrere Sterne, ja ganze Sterngruppen umfließen, oder wie lange schmale Bänder zu einem Ganzen verknüpfen. Endlich erblicken Sie unter diesen seltsamen Gestalten des Himmels auch ringförmige Nebel (S. 459 ob.). Wie ein über einen Reifen gespannter duftiger Schleier erscheint ein solcher im Sternbilde der Leyer, wie ein feiner hohler Nebelstrahl ein anderer in der Andromeda. In dem Sternbilde der Jagdhunde sehen Sie sogar einen runden, lichten Kern von einem konzentrischen, zum Theil doppelten Nebelringe umgeben (S. 455 ob. links). Aber auch diese Wunder, in denen die Phantasie bereits Abbilder oder Urbilder des Saturnringes erkennen wollte, hat das Rosse'sche Teleskop zerstört, indem es jenen in ungemein kleine Sterne auflöste, diesen als einen strahligen Kern zeigte, von dem nach allen Richtungen spiralförmige, von kleinen Sternen erfüllte Windungen ausgehen. Solcher Spiralnebel hat Rosse noch mehrere entdeckt. Ich will Ihnen nur noch einen derselben vorführen (S. 457 unt.), dessen Gestalt geradezu abenteuerlich genannt werden kann. Aber auch der Spiralnebel in der Jungfrau, den Sie nach Rosse's Zeichnung (S. 459 unt.) sehen, deutet darauf, daß in ihm die Materie in den gewaltigsten Revolutionen begriffen sein muß.



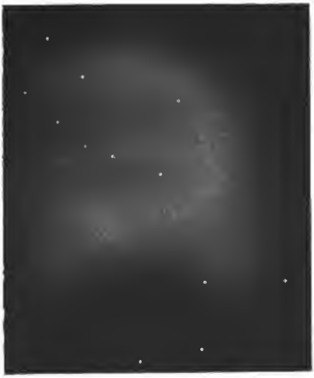
Kreisförmige und elliptische Nebel, nach Herschel. (Vgl. S. 456 Mitte).



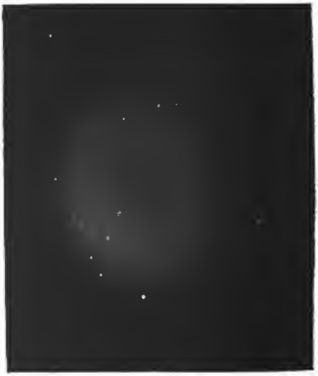
Spiral-Nebel im Cepheus, nach Rosse. (Vgl. S. 456 unten).



Omega-Nebel, nach John Herschel. (S. 456).



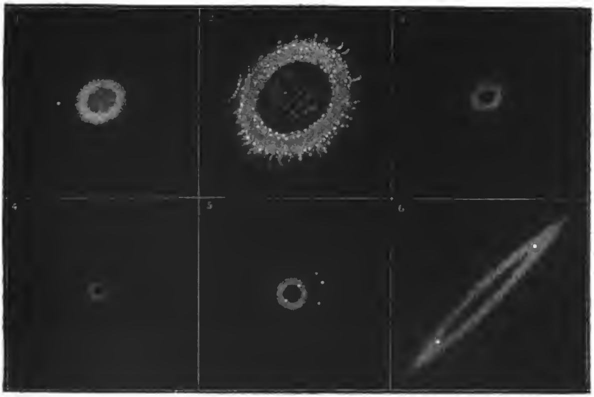
Die Magellan'sche große Wolke. (S. 464 oben).



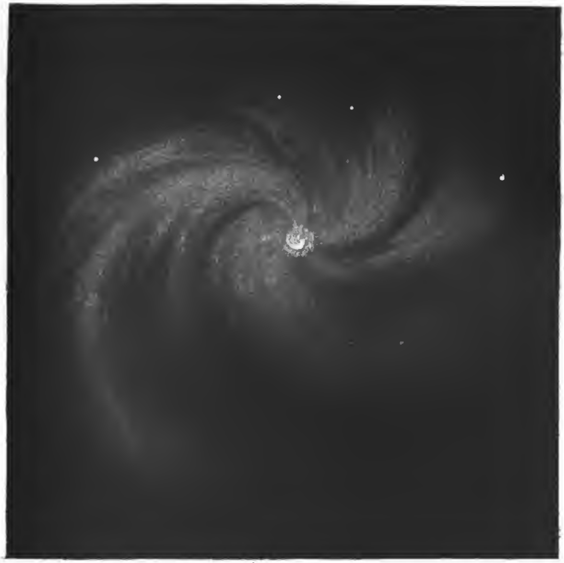
Die Magellan'sche kleine Wolke. (S. 464).

Es sind Umwälzungen, von denen man sich eine Ahnung machen kann, wenn man bedenkt, daß jeder geschwungene Arm oder Strahl an Länge die Entfernung des Neptun von der Erde weitaus übertreffen muß.

Alle Schönheit und Seltsamkeit dieser Bilder verschwindet aber gegen die Fülle der Wunder, welche der einzige Orionnebel, (S. 461) umschließt. Fast in Vollmondgröße breitet er sich in der Nähe der glänzenden Sterne des Jakobsstabes aus, und das bloße Auge erkennt ihn in klarer Sternennacht. In vollem Glanze enthüllt sich seine verborgene Pracht aber erst dem bewaffneten Auge.

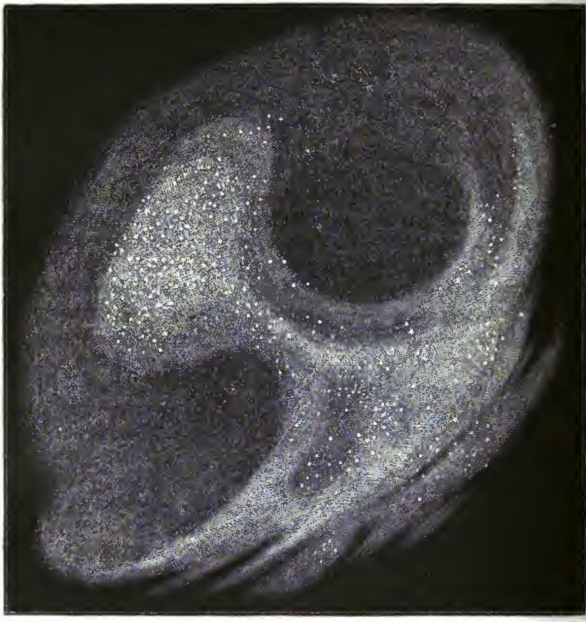


Ringförmige Nebel: in der Leyer (1 nach Herschel, 2 nach Rosse); im Schwan (3); im Ophiuchus (4); im Skorpion (5); bei Gamma in der Andromeda (6). (Vgl. S. 456).



Spiralförmiger Nebel in der Jungfrau, nach Rosse. (Vgl. S. 456 unten).

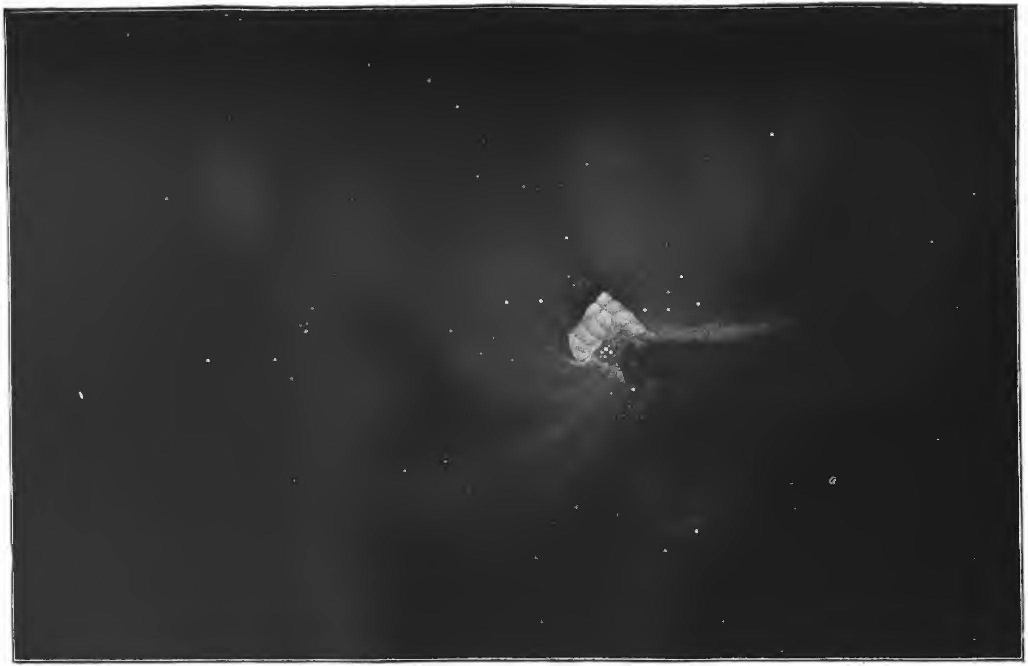
Diesem entfaltet er, was nur immer Seltsames in Gestaltung und Lichtwechsel gedacht werden mag. Dem geöffneten Rachen eines Thieres verglichen die älteren Astronomen der Oriongruppe äußere Gestalt; die geschärfte Kraft des Fernrohres hat dieses Bild bereits verwischt. Während einzelne Stellen gleichsam in beweglichen Flammen lodern, zeigen andere sich in scharfer Begrenzung auf tiefschwarzem Grunde. Auf solch dunklem Grunde bilden in der Mitte des Nebels vier helle Sterne ein fast regelmäßiges Viereck, das sogenannte Trapez.



Dumb-Bell-Nebel im Fuchs, nach Rosse. (S. 456 oben).

Durch den flockigen Nebel, der dieses Viereck umgiebt, blitzen zahlreiche kleine Sterne hervor, und rings um ihn und seine Streifen und Zweige schimmern in düsterem Lichte viele Tausende von Sternchen. Oft glaubte man allerlei seltsame Vorgänge in dieser Nebelwelt zu gewahren und neue Sterne aus der gährenden Weltmaterie sich ballen zu sehen, weil man plötzlich Sterne in ihr entdeckte, die kein Beobachter vorher bemerkt hatte. Rosse's Teleskop hat auch diesen Nebel in Millionen von Lichtflocken aufgelöst, die sich im Spektroskop als Nebelbälle von glühendem Stickstoff und Wasserstoff erwiesen.

An den centralen Theil des Orionnebels, der wie gesagt uuter dem Namen Trapez des Orion berühmt geworden, knüpfen sich zahlreiche Beobachtungen.



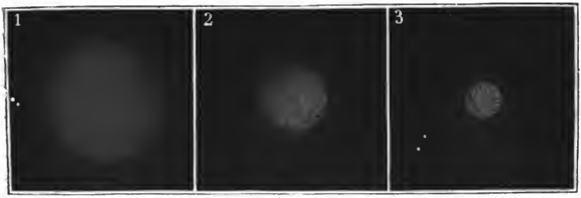
Ansicht des Orion-Nebel; nach einer Zeichnung von G. P. Bond.

Man kann die vier Sterne mit einem Fernrohre von 60 Centim. Brennweite deutlich sehen. Der ältere Herschel hat mit seinen gewaltigen Spiegelteleskopen dort niemals mehr als diese vier helleren Sterne wahrgenommen, aber 1826 erblickte W. Struve noch einen fünften, 1832 John Herschel und James South noch einen sechsten lichtschwachen Stern. Später fanden de Vico in Rom und Lamont in München noch mehrere Sterne, die aber von anderen Beobachtern nicht wieder gesehen worden sind, und endlich beobachtete Lassell auf Malta 1862 abermals ein neues Sternchen im Trapez. Es scheint also, daß dort merkliche Veränderungen vor sich gehen, sei es, daß neue Sterne wirklich auftauchen, oder daß eine nebelige Materie, welche sie bisher verdeckte, sich allmählich lichtet.

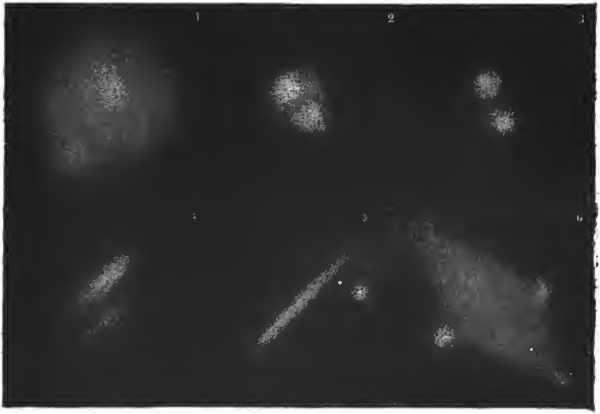
Was den Orionnebel selbst anbelangt, so haben sich außer Rosse fast alle Astronomen, die über genügend große Fernrohre verfügen, an diesem merkwürdigsten Objekte versucht. So gab 1847 John Herschel eine schöne Darstellung dieses Nebels; im folgenden Jahre publizirte W. C. Bond eine ähnliche Zeichnung, die er mittels des großen Refraktors zu Cambridge erhalten hatte. Die wichtigsten Arbeiten Lord Rosse's datiren aus den Jahren 1860 bis 1864, doch hat bezüglich der Ausdehnung der Nebelmaterie das Parsonstowner Riesenteleskop nicht erheblich mehr gezeigt, als Bond's Refraktor. Die umfassendsten Arbeiten über den großen Orionnebel hat G. P. Bond in den letzten Jahren seines Lebens geliefert; sie sind 1867 veröffentlicht worden. G. P. Bond hat zuerst bei diesem Nebel die spiralförmige Struktur einzelner Theile desselben erkannt. Es erscheinen gekrümmte, schmale Nebelstreifen, von denen oft mehrere sehr nahe von einem Centrum ausgehen, sich mehr und mehr davon entfernen und durch dunkle Zwischenräume von der übrigen Nebelmasse getrennt sind. Der ganze Nebel dehnt sich auf einem Raum von $3^1/_3$ Quadratgraden des Himmels aus, doch konzentrirt sich der Hauptnebel, d. h. der überwiegend hellere Theil des Ganzen, auf einer Fläche von etwas über $^1/_5$ eines Quadratgrades. In dieser Gegend um die Sterne ϑ, ι und c des Orion herum hat G. P. Bond die Oerter von 1101 kleinen, in seinem Refraktor sichtbaren Sternen bestimmt.

Neben dem Orionnebel zieht an dem bei uns sichtbaren Himmel der Nebel der Andromeda (S. 463 unt.) die Aufmerksamkeit des Forschers auf sich. Dieser Nebel ist am 15. September 1612 von Simon Marius entdeckt und mit dem hellen Scheine einer Lampe verglichen, die durch eine dünne Hornplatte gesehen wird. Der Nebel ist $2^1/_2$ Grad lang und hat im breitesten Theile 1 Grad Durchmesser. Messier hat diesen Nebel fleißig beobachtet, aber nie eine Spur von Ungleichförmigkeit, die auf sternige Zusammensetzung deutet, darin erkannt; ebensowenig die beiden Herschel. Erst im März 1848 löste der große Refraktor zu Cambridge den Nebel in zahllose kleine Sterne auf, deren anderthalb Tausend gezählt wurden, und zeigte gleichzeitig zwei dunkle Streifen, die fast parallel das Ganze durchziehen und in zwei Hälften trennen (Seite 448).

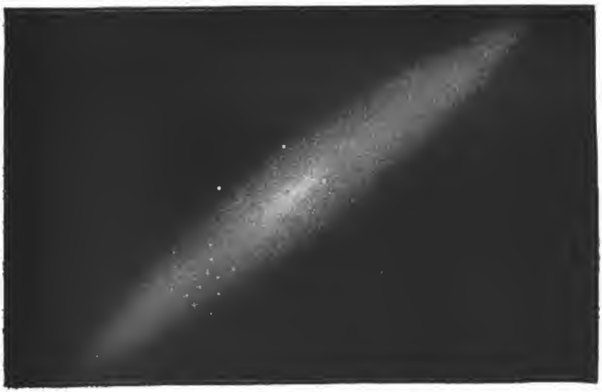
Die eigentliche Heimat der Nebel ist der südliche Himmel, derselbe den das prachtvolle Kreuz, der Sirius und der Kanopus schmücken. Dort in der Nähe des Himmelspoles wird der Blick von einem Lichtglanze gefesselt, der dem Strahlenschimmer der Milchstraße gleichend, sich über einen Raum von 12 Vollmondbreiten im Durchmesser ausbreitet.



Planetarische Nebel, nach John Herschel. (Vgl. S. 456).



Mehrfache Nebel, nach John Herschel. (Vgl. S. 464).



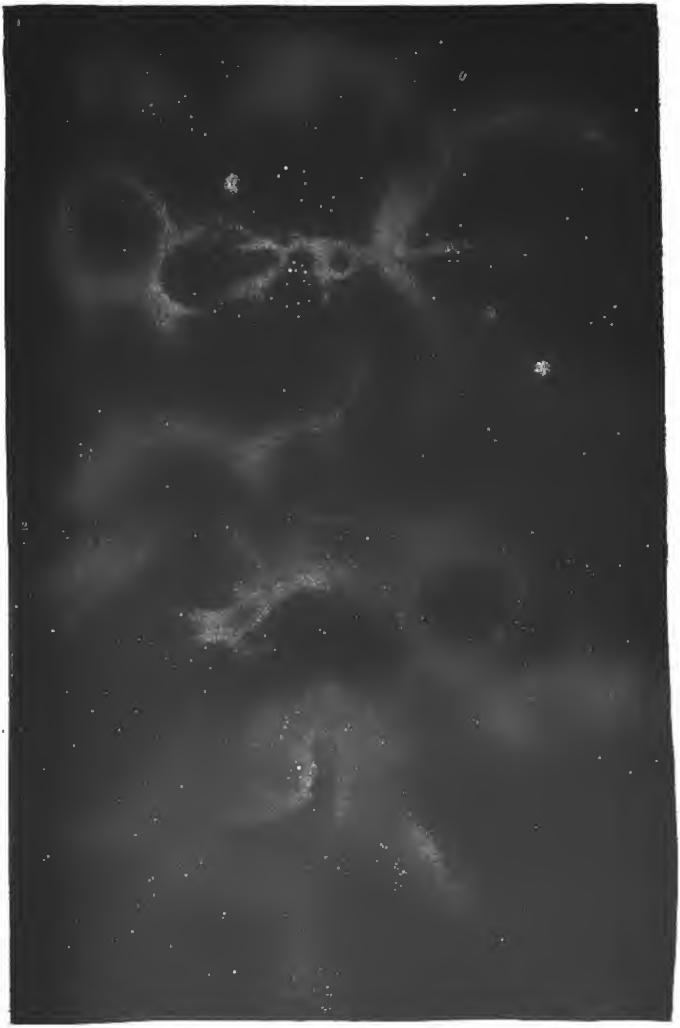
Nebel im Sternbild der Andromeda. (S. 462).

Es ist der Abglanz einer wunderbaren Vereinigung von Sternen und Nebelflecken, die man die große Magellanische oder Kapwolke nennt, und die schon den Arabern des Mittelalters unter dem Namen des „weißen Ochsen“, den sie von ihrer Gestalt entlehnten, bekannt war (S. 458 unt.). John Herschel zählt in ihr allein 582 größere Sterne, 291 Nebelflecken und 46 Sternhaufen.

Viele Tausende von Nebeln hat die zerlegende Kunst des Astronomen bereits in dichtgedrängte Sternhaufen aufgelöst und reiche Welten in ihnen kennen gelehrt. Aber immer noch bleiben andere Tausende zurück, die der auflösenden Kraft des Fernrohres trotzen, die ihre Nebel- und Wolkengestalt behaupten.

Der große William Herschel sah in solchen Nebelgebilden den leuchtenden Urstoff, aus welchem noch heute die Natur ihre Sonnen und Sonnensysteme schafft. Seiner kühnen Phantasie erschien das ganze Weltall als ein großer Riesengarten, in dem die Welten gleich Blumen und Bäumen neben einander keimen, blühen und vergehen. Und wie nicht plötzlich dieser Garten aus dem Nichts hervorging, wie er nur allmählich in ununterbrochenem Bildungsprozesse zu dem ward, was er jetzt ist, so sollten wir darin noch heute alle Stufen der Entwickelung neben einander sehen. Hier sind Welten und Weltsysteme im Keimen, durch ähnliche Lichtmassen, in denen aber die Stoffe noch ungeschieden chaotisch gemischt sind, formlos, phantastisch gestaltet und über ungeheure Räume verbreitet; dort ist jener Urnebel bereits zerrissen und durch Anziehung an einzelnen Stellen der Anfang zur Verdichtung gemacht. Die Umrisse sind noch unbestimmt und verwaschen, aber das Licht erscheint schon kräftiger. Hier ist die Verdichtung nach einem Punkte hin schon mächtiger vorgeschritten; dort hat sich der Nebel schon zur Kugelform gerundet, und sein heller Mittelpunkt nähert sich bereits dem Sternenlichte. Hier verknüpft ein Nebelband zwei solcher Gebilde, als wolle die Natur einen Doppelstern erzeugen; dort zieht kometenartig ein Nebelschweif dem Sterne nach, weil der eine Stern gleichsam im Streit um den Urstoff den anderen überwunden hat und nun ihn vernichtet. So währt der Kampf der Entwickelung fort, bis alle Nebel verschwunden sind und die neuen Sonnen im reinsten Lichtglanze strahlen. Man vergleiche die Abbildung auf Seite 463 Mitte, welche uns die Entwickelung verschiedener Nebelformen, im Sternbild der Jungfrau (Nr. 1 und 4), des Haares der Berenice (2 und 5), im Wassermann (3) und in der großen Magellan'schen Wolke (6) vorführt.

Gewiß ist es ein schönes und erhabenes Spiel der Phantasie, das in solcher Weise Welten sich durch dieselbe anziehende und formende Kraft der Natur im Großen bilden läßt, wie der Regentropfen, der aus den Wolken fällt, oder die Thauperle, die im Blütenkelche funkelt, sich im Kleinen bildet! Wie die Dunstbläschen des Nebels sich zusammenziehen, verdichten und in Kugeln ballen, um das innere Gleichgewicht herzustellen, und wie sie, von der Schwere gezogen, endlich als Tropfen niederfallen, so bildeten sich vor Myriaden von Jahren aus dem Urnebel des Chaos unsere Erde und die Sonne mit all ihren Planeten und die Milchstraße mit ihren Millionen von Sonnen und die Tausende von Welten in den Räumen der Unendlichkeit; und in der Unendlichkeit sind diese Sonnen und Milchstraßen nicht größer als die Wassertropfen und die Thauperlen, die eine Sommernacht zu Millionen zaubert!



Nebel im Sternbild des Goldfisch oben) und bei Eta im Fisch (unten).

Die Spektralanalyse hat dieser großartigen Ansicht gegenwärtig eine bedeutende Unterstützung geliehen, indem sie uns zeigte, daß zwar viele Nebel Sternhaufen sind, zahlreiche andere aber aus leuchtendem Dunste bestehen. Erheben wir uns auf den Schwingen des Gedankens über die Ebene der Milchstraße. Die verlassene Welt erscheint uns als runde glänzende Scheibe, der zunehmenden Dicke wegen in der Mitte heller leuchtend. Aber kein Auge würde in diesem Schimmer noch einzelne Sterne erkennen, und ein starkes Fernrohr nur würde die einzelnen leuchtenden Pünktchen unterscheiden. In hundertfach größerer Entfernung werden wir nur noch den matten Schimmer eines Nebelfleckes von der Größe des Orionnebels gewahren, und kein Teleskop würde ihn noch in Sterne aufzulösen vermögen. Ein Blick durch das Spektroskop aber würde uns sagen: Hier ist kein wirklicher Nebel, sondern hier ist ein Sternhaufen, ein Fixsternsystem, dessen einzelne Glieder wegen ihrer großen Entfernung nicht mehr zu unterscheiden sind. Sie sehen, das Spektroskop ist die untrügliche Sonde, die auch da noch Aufschluß verschafft, wo alle übrigen Hülfsmittel uns im Stiche lassen.

In der kleinen Weltordnung unseres Sonnensystemes sehen wir darum die einzelnen Glieder mindestens durch Räume von einander getrennt, welche hundertmal ihre Durchmesser übertreffen. Sind wir nun berechtigt, vom Kleinen auf das Große zu schließen, so dürfen wir ähnliche Zwischenräume auch für die einzelnen, zu einer großen Gesammtordnung vereinigten Weltensysteme annehmen. Sollte nun eine solche Ordnung auch für den großen Zusammenhang jener nebelhaft schimmernden Weltensysteme gelten? Wenn auch sie unserer Fixsternwelt gleichen, wenn auch sie immer wieder durch ähnliche Räume von den Nachbarwelten getrennt sind, welches Maß ergiebt sich dann für diese entlegensten Weiten!

Wir sind in der That hier an den Grenzen — nicht des Universums, aber unseres Wissens angelangt. Aber auch in diesen Grenzen, wo die Zahlen selbst den Dienst versagen, auch in dieser Unermeßlichkeit, wo Riesenwelten zu Punkten schwinden, besteht die Ordnung ewigen Gesetzes. Auch jene Welten in den Tiefen des Raumes ordnen sich wol zu einem anderen großen Systeme, und dasselbe Naturgesetz, welches den Mond um die Erde, die Planeten und Kometen um die Sonne, die Millionen Sonnen um ihre Centra bewegt, führt auch die Weltensysteme um ihr Centralsystem auf vorgeschriebenen Bahnen und in gemessenen Zeiten. Wo die Anziehung Körper verknüpft, da giebt es einen Schwerpunkt, und ob dieser in einer überwiegenden Masse, in einer Sonne liegt, oder ob er zwischen Tausenden gleichwirkender Massen, ein Gedanke im Raume, schwebt: immer ist er das Symbol des Ewigen in dem Wechselnden und Zufälligen, der Vernunft in den scheinbar todten Massen. — —

Wir standen an den Grenzen, an welchen der Menschengeist für Jahrhunderte, vielleicht für immer, seine Schritte gehemmt sehen wird! Wir blickten in eine Geschichte, gegen welche die menschliche gleich einer Sekunde verrinnt. Die Sehnsucht nach der Heimat regt sich wieder. Wohlan, derselbe Gedanke, der uns Sternsysteme zu kleinen Inseln, Sonnensysteme zu Punkten zusammenschmelzen ließ, derselbe Gedanke kann uns auch diese Punkte wieder erweitern und aus der dunklen Tiefe die freundliche Heimat heraufzaubern!



Krümmung der Meeresfläche.

Schluß.

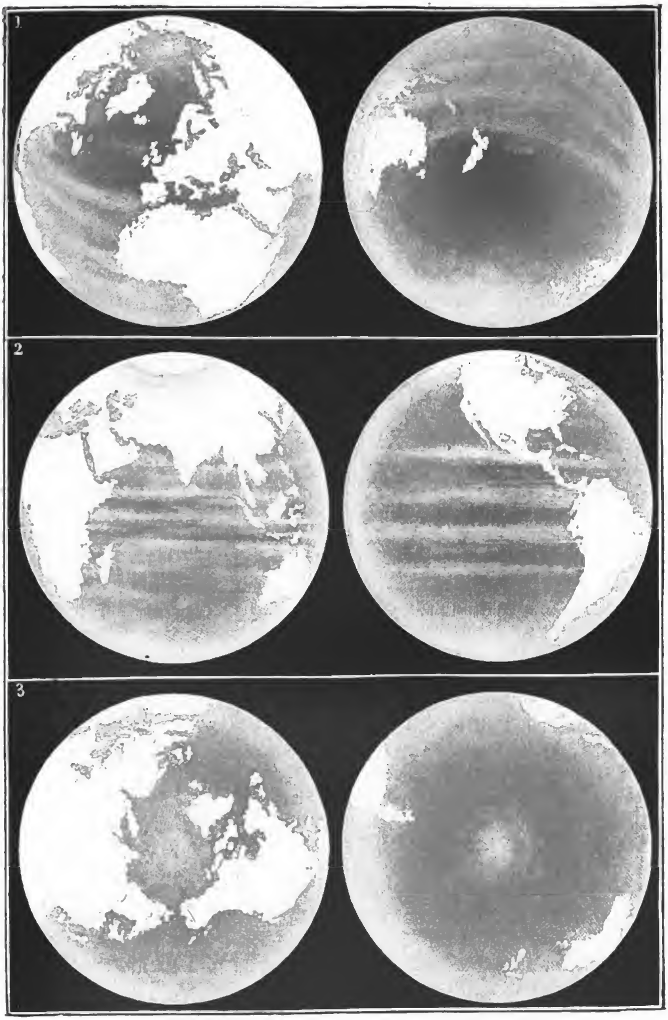
Rückkehr zur Erde.

Unser Ausflug in die Himmelsräume ist beendigt. Sie haben die Wunder der Welt nun alle kennen gelernt. Versetzen Sie sich jetzt noch einmal zurück in die Zeit, ehe wir unsere lange, geistige Wanderung unternahmen. Wie trüb, wie eng war damals Ihr Blick, wie wenig begriffen Sie, daß man am Himmel lesen könne! Sie haben seitdem sehen gelernt, Ihr Auge, Ihre Anschauung, Ihr Gedankenkreis hat sich erweitert. Welche Fülle von Erfahrungen und Erlebnissen liegt zwischen damals und heute! Mit Ihrem erweiterten Blicke werden Sie mir nicht die Frage entgegenhalten: Welchen Nutzen gewährt die Sternkunde? Welchen Vortheil hat der Mensch davon, zu wissen, wie das Sonnensystem eingerichtet ist; in welchen Entfernungen die Fixsterne sich befinden oder welche stoffliche Zusammensetzung die Nebelflecke haben? Aber diese Fragen sind doch häufig und sogar von sonst gebildeten Personen aufgeworfen worden, und gerade deshalb, so wie aus dem ferneren Grunde, weil sie uns auf einige mit der Astronomie in enger Beziehung stehende Probleme leiten, über die zu sprechen ich bis jetzt keine Gelegenheit hatte, will ich hier näher darauf eingehen.

Allerdings gewährt die Astronomie keinen direkt in Mark oder Pfund Sterling auszurechnenden Nutzen; sie befindet sich in dieser Hinsicht nicht besser und nicht schlimmer daran als die Paläontologie oder die Ethnographie, die Malerei,

die Skulptur und die Musik. Aber dies wird auch von einer Wissenschaft in erster Linie ebensowenig verlangt, wie von der Kunst; beide dienen zunächst der Ausbildung des menschlichen Geistes, sie haben einen edleren Zweck als den der Befriedigung der niedrigen Triebe und Bedürfnisse des alltäglichen Lebens. Indeß gerade die Astronomie gewährt von einer gewissen Stufe der Ausbildung an auch nicht zu unterschätzenden praktischen Nutzen. Sie ist es z. B., die uns eine genaue Zeitrechnung bietet; ohne sie würde die Jahresdauer, wie einst im alten Rom, von den Launen und Interessen bestimmter Personen abhängen. Von der genauen Bestimmung der Jahresdauer hängt die sichere Bestimmung der Zeitrechnung ab. Wir, die wir von Jugend auf an ein geordnetes Kalenderwesen gewöhnt sind, denken fast niemals an die großen Uebelstände, mit welchen die Alten, die sich solcher Einrichtung nicht zu erfreuen hatten, kämpfen mußten. So bestand z. B. ursprünglich das Jahr der Römer abwechselnd aus 12 und 13 Monaten, je nachdem die Oberpriester es für gut fanden, und Niemand konnte und durfte sie hierin kontrolliren. Als Julius Cäsar mit Hülfe des Astronomen Sosigenes das Kalenderwesen zu ordnen begann, fand er die ganze Jahresrechnung in größter Unordnung vor. Er bestimmte, daß künftighin das bürgerliche Jahr aus 365 Tagen bestehen und nach je 3 Jahren ein Schaltjahr von 366 Tagen folgen sollte. Nach Cäsar's Ermordung (am 15. März des Jahres 44 v. Chr.) hielten sich indeß die Priester nicht genau an seine Vorschrift, sondern schalteten, damit der Neujahrstag nicht auf den letzten Tag der römischen Woche, der Markttag war, fallen sollte, jedes dritte Jahr schon einen Tag ein. Erst Kaiser Augustus stellte diesen Mißbrauch ab und führte die Vorschriften Cäsar's wieder ein. Allein auch damit war die Jahresrechnung noch nicht für alle Zeit in Ordnung. Cäsar hatte nämlich sein Jahr um $11\frac{1}{4}$ Minuten zu kurz angenommen, so daß nach Ablauf von je 128 Jahren ein Irrthum von einem Tage entstehen mußte, um den man zurückblieb. Erst im 15. Jahrhundert machten Peter von Alliaco und Kardinal Cusa auf diesen Irrthum aufmerksam, und infolge dessen ließ Papst Gregor XIII. die Sache genau untersuchen und eine neue Kalenderrechnung entwerfen. Sie führt den Namen der Gregorianischen und ihrer bedienen wir uns heute noch. Um die Uebereinstimmung des Kalenders mit dem Sonnenlaufe wiederherzustellen, verordnete Gregor XIII., daß nach dem 4. Oktober des Jahres 1582 sofort der 15. gezählt werden sollte. Der 4. Oktober war ein Donnerstag, der 15. hätte also eigentlich ein Montag sein müssen, doch ließ man ihm seinen Wochennamen als Freitag. Um aber für spätere Zeiten solche Abweichungen zu verhüten, befahl Gregor, daß die Julianische Schaltmethode beizubehalten, daß aber alle 400 Jahre 3 Schalttage auszufallen hätten, und zwar sollten alle vollen Jahrhunderte, deren beide erste Zahlen durch 4 ohne Rest theilbar sind, Schaltjahre, die anderen aber Gemeinjahre sein. Die Jahre 1700, 1800 waren also Gemeinjahre, 1900 wird ein Gemeinjahr, 2000 ein Schaltjahr sein.

Die Astronomie ist es ferner, die uns die Gestalt der Erde kennen lehrt und die genaue Ausmessung ihrer Oberfläche ermöglicht; sie endlich leitet den Schiffer auf den einsamen, ja ihm noch unbekannten Wegen des Meeres zum sicheren Port und ermöglicht so die ozeanische Schifffahrt.

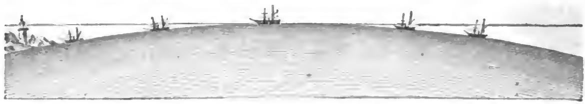


Anblick der Erde aus dem Weltenraume. 1. Die Land- und die Wasser-Halbe der Erdkugel. 2. Anblick der Erde gegenüber dem Aequator. 3. Anblick der Erde gegenüber den Polen.

Die beiden letztgenannten Probleme, die Ausmessung der Größe und Gestalt der Erde, sowie die Ortsbestimmung auf hoher See sind es, die ich Ihnen hier in den Mitteln und Wegen, welche die Astronomie zu ihrer Lösung in Anwendung brachte, vorführen will.

Sie wissen aus dem Vorhergehenden, daß die Erde im Großen und Ganzen die Gestalt einer an den Polen um einen geringen Betrag abgeplatteten Kugel besitzt; aber diese Kenntniß ist im Gange der wissenschaftlichen Erforschung noch von sehr jugendlichem Datum.

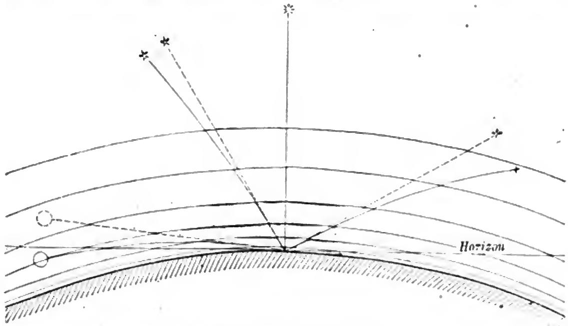
Zu den bekannteren Beweisen für die kugelförmige Gestalt der Erde gegehört z. B. die Thatsache, daß man am Meere von entfernten Schiffen zuerst die Spitzen der Masten und erst nach und nach, bei fortgesetzter Annäherung, den Rumpf erblickt; wie diese Erscheinung auf die kugelförmige Gestalt der Erdoberfläche oder vielmehr der Meeresoberfläche schließen läßt, ersehen Sie unmittelbar aus nachstehender Figur.



Darstellung der Meereskrümmung.

Einen ferneren Beweis für die Kugelform der Erde haben die sogenannten Weltumsegelungen, deren erste der Portugiese Magelhaens unternahm, geliefert. Auch der stets in Gestalt eines Kreisausschnittes sich darstellende Erdschatten bei partialen Mondfinsternissen bezeugt die Kugelform. Die Kugelgestalt der Erde war den Alten im Allgemeinen nicht unbekannt. Homer und Hesiod hielten, dem unmittelbaren Eindrucke der Sinne folgend, die Erde für eine flache Scheibe, welche vom Ozean umströmt werde. Anaximenes nahm an, daß diese Scheibe auf komprimirter Luft ruhe. Plato, der den Würfel für den vollkommensten geometrischen Körper hielt, dachte sich deshalb auch die Erde würfelförmig. Nach anderen Philosophen sollte sie die Gestalt einer Säule, einer Pauke oder dgl. besitzen. Richtigere Ansichten entwickelte Aristoteles, indem er sich für eine runde Gestalt der Erde aussprach; allein erst die Philosophen der (von Ptolemäus Philadelphus um 300 v. Chr.) zu Alexandrien begründeten Gelehrtenschule sprachen es mit Entschiedenheit aus, daß die Erde Kugelgestalt besitze, ja, sie versuchten, hierauf gestützt, sogar ihre Größe zu messen. Diese letzteren Versuche führten freilich nur zu sehr ungenauen Resultaten, weil sie in roher Weise angestellt wurden. Der Erste, der es unternahm, die Größe des Erdumfanges zu messen, war Eratosthenes. Er hatte gehört, daß zu Syene in Aegypten am Mittage des Sommersolstitiums die Sonne auf den Grund tiefer Brunnen scheine, also im Scheitelpunkte stehe, während sie zu Alexandrien an demselben Tage noch $7^1/_5{}^0$ vom Zenith entfernt blieb. Die Entfernung beider Orte nahm Eratosthenes zu 5000 Stadien an und schloß, da $7^1/_5{}^0$ genau $^1/_{50}$ des Kreisumfanges sind, daß der ganze Umfang der Erde $50 \times 5000 = 250{,}000$ Stadien betragen müsse. Eine ähnliche Bestimmung unternahm etwa hundert Jahre später Posidonius. Er maß den Bogen zwischen

Rhodos und Alexandrien zu $^1/_{48}$ des Kreisumfanges und nahm die Entfernung beider Punkte zu 3800 Stadien an, woraus die Größe des Erdumfanges zu 48 × 3800 = 182,400 Stadien folgte. Beide Resultate weichen, wie Sie sehen, sehr von einander ab; allein sie konnten wenigstens dazu dienen, eine allgemeine Idee von der Größe der Erde zu geben. Fast tausend Jahre vergingen, ehe man es wieder unternahm, die Größe der Erdkugel zu ermitteln, denn der dritte Versuch wurde erst im 9. Jahrhundert n. Chr. von den Arabern zwischen Tadmor und Racca angestellt. Es fand sich dabei die Länge eines Grades zu 225,300 arabischen Ellen, doch kennen wir die Größe der letzteren selbst nicht, indem man blos weiß, daß die Elle der Araber 27 Zoll à 6 Gerstenkörner umfaßte. Wiederum verging ein halbes Jahrtausend, ehe für die Ausmittelung der Erddimensionen etwas geschah. Diesmal war es ein Franzose, Fernel, der die Länge des Grades zwischen Paris und Amiens durch die Zahl der Umdrehungen seiner Wagenräder maß; die so von ihm erhaltenen Ergebnisse waren, wie vorauszusehen, auch nicht sonderlich genau, aber der Tag war nahe, der auf wissenschaftliche Prinzipien begründete Gradmessungen sehen sollte.



Zur Erklärung der Refraktion.

Dem Niederländer Snellius gebührt das Verdienst, an Stelle der direkten Ausmessung großer Entfernungen zuerst das Prinzip der Triangulation in Vorschlag gebracht zu haben. Sie kennen dieselbe im Allgemeinen bereits, denn ich habe früher bei der Ermittelung der Mondentfernung schon davon gesprochen. Im Allgemeinen besteht diese Methode darin, daß nur eine kleine Strecke, die Grundlinie oder Basis, mit größter Genauigkeit direkt ausgemessen und von deren Endpunkten durch Winkelmessungen von Dreiecken fortgeschritten wird. In der Praxis, wenn es sich um Erreichung möglichster Genauigkeit handelt, ist die Ausführung einer Gradmessung außerordentlich schwierig. Zunächst erfordert die Messung der Basis die größte Sorgfalt, denn jeder hier begangene Fehler erscheint in dem Endresultate vergrößert. Daß die Winkel der einzelnen Dreieckspunkte ebenfalls mit größter Genauigkeit gemessen werden müssen, ist einleuchtend. Dann muß, weil das Dreiecknetz auf der Erdoberfläche und

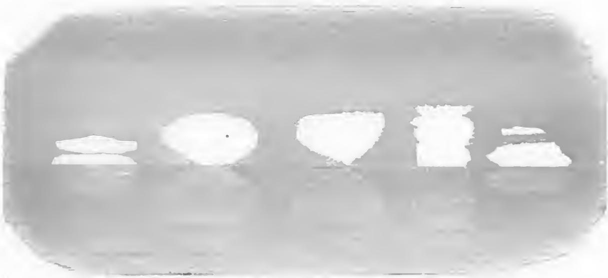
keineswegs überall in einer und derselben Ebene liegt, Alles auf das Meeresniveau reduzirt werden. Die Bestimmung des Höhenunterschiedes der einzelnen Punkte kann auf zwei verschiedene Weisen ausgeführt werden: durch trigonometrische Höhenmessung und durch das geometrische Nivellement. Die erstere Methode ist weniger sicher, weil der Beobachter abhängiger von der Refraktion des Lichtes in der Atmosphäre bleibt. Der Lichtstrahl beschreibt bei seinem Durchgange durch die Luft keine gerade Linie, sondern eine Kurve, die ihre hohle Seite der Erde zuwendet. Die Wirkung davon können Sie aus Fig. (S. 471) ersehen. Jeder Stern erscheint nämlich in Folge der Refraktion höher, als er in Wirklichkeit steht. Im Scheitelpunkte ist die Refraktion Null, am größten in der Nähe des Horizontes. Eine Folge derselben ist die abgeplattete Gestalt der Sonne beim Auf- und Untergange. Der dem Horizonte nähere Sonnenrand wird nämlich infolge der stärkeren Brechung mehr gehoben, als der obere, beide nähern sich also scheinbar und die Sonnenscheibe erscheint abgeplattet.



Scheinbare elliptische Form der Sonnenscheibe am Horizonte.

Welche seltsamen Formen die Sonne infolge unregelmäßiger Brechungen am Horizonte erleidet, haben besonders Biot und Mathieu bei ihren auf Ermittelung der Erdgestalt gerichteten Untersuchungen in Dünkirchen beobachtet. Die Astronomen haben freilich Tafeln der Refraktion entworfen, aus denen man für jede Höhe eines Sternes den Betrag der Strahlenbrechung findet; allein für Punkte, nahe am Horizonte, und besonders für solche innerhalb der Atmosphäre, lassen diese Tafeln noch Manches zu wünschen übrig. Man zieht daher zur Ermitte-

lung von Höhenunterschieden das direkte Nivellement vor. Zuletzt müssen noch die geographischen Breiten und Längen der beiden Endpunkte der Gradmessung und die Azimuthe oder Neigungen gegen den Meridian mit höchster Genauigkeit bestimmt werden. Erst wenn alle diese Messungen ausgeführt sind, kann die Berechnung beginnen, und zwar auf Grund von mathematischen Formeln, die erst in der Neuzeit, vor allen durch Bessel, in einer wünschenswerthen Strenge entwickelt werden konnten. Ich kann, ohne Voraussetzung sehr bedeutender mathematischer Kenntnisse bei Ihnen, schlechterdings auf diese Rechnungsmethoden nicht eingehen. Nur Eins möchte ich hervorheben. Bei Berechnung von Entfernungen in einer und derselben Ebene bedient man sich, wie Sie wissen, der ebenen Trigonometrie. Schon schwieriger gestaltet sich die Sache, wenn es sich um Ausmessungen auf der Oberfläche einer Kugel handelt. Die für diesen Zweck erforderlichen Formeln lehrt die sphärische Trigonometrie auffinden. Für eine abgeplattete Kugel, ein Rotationssphäroid, wie unsere Erde ist, reichen aber bei streng wissenschaftlichen Anforderungen die Lehren der sphärischen Trigonometrie nicht mehr aus; hierzu bedarf es mehr und mußte erst eine sphäroidische Trigonometrie erfunden werden. Aus den auf diesem Wege erhaltenen mathematischen Formeln wird durch Einsetzung der gemessenen Größen der Länge eines Grades unter zwei verschiedenen geographischen Breiten sowol die Größe als die Gestalt der Erde ermittelt.



Scheinbare Formen der Sonnenscheibe am Meereshorizont.

Im Vorhergehenden habe ich versucht, Ihnen in kurzen Zügen eine sogenannte Breitengradmessung zu skizziren, bei welcher es sich um Ermittelung der Längen von Graden des Meridians handelt. Es giebt aber noch eine zweite Klasse von Gradmessungen, bei welcher es sich um Ausmessung eines Bogens irgend eines Parallelkreises handelt. Es kommt hierbei darauf an, zu ermitteln, wie viel Meter der Bogen des Parallelkreises unter einer gewissen geogragraphischen Breite zwischen zwei Orten von bekannter geographischer Länge umfaßt. Derartige Messungen werden Längengradmessungen genannt. Ihre genaue Ausführung war besonders früher mit großen Schwierigkeiten verknüpft, weil die Messung eines Längenunterschiedes eine weit subtilere Operation ist, als die Messung der geographischen Breiten. Im Allgemeinen handelt es sich

bei Bestimmung des Unterschiedes der geographischen Länge zweier Plätze um genaue Ermittelung der Ortszeit, welche zwei Beobachter an beiden Punkten in demselben Augenblicke zählen. Dieser Längenunterschied in Zeit giebt dann mit 15 multiplizirt den Längenunterschied in Graden und deren Theilen. Um die Zeitdifferenz zweier Orte zu ermitteln, bediente man sich früher der Mondfinsternisse oder der Verfinsterungen der Jupitersmonde, da diese Erscheinungen an allen Punkten wo sie überhaupt sichtbar sind, in demselben Momente wahrgenommen werden. Die auf solchem Wege erlangten Resultate sind jedoch keineswegs sehr genau, und man wendete daher schon bald künstliche momentane Lichtsignale durch Anzünden kleiner Pulvermengen auf erhöhten Punkten zwischen den beiden Beobachtungsorten an. Diese Methode ist sehr gut; allein sie hat den Uebelstand, daß die Beobachtungsstationen nicht sehr weit von einander entfernt sein dürfen, da sonst das Signal nicht mehr gesehen wird. Man kann allerdings eine Anzahl von Stationen aneinander reihen und auf diese Weise einen größeren Bogen überspannen, aber dann häufen sich leicht die unvermeidlichen Beobachtungsfehler der einzelnen Bestimmungen zu sehr merklichen Werthen an. Gegenwärtig bietet der Telegraph das sicherste Mittel zur Bestimmung von Längenunterschieden, da der elektrische Strom die größten irdischen Distanzen in sehr kleinen und noch sicher bestimmbaren Bruchtheilen der Sekunde durchläuft. An den beiden Orten, deren Längendifferenz gemessen werden soll, werden Meridianinstrumente aufgestellt und der Augenblick, in welchem bestimmte Sterne, die im Gesichtsfelde dieser Fernrohre ausgespannten Fäden passiren, durch den Telegraphen übertragen und mittels besonderer Apparate die Uhrzeiten registrirt. Der Beobachter hat nichts weiter zu thun, als im Momente, wo der Stern den Faden berührt, eine Taste niederzudrücken; alles Andere besorgen die Apparate und die späteren Rechnungen. Es leuchtet ein, daß Beobachtungen dieser Art einen außerordentlich hohen Grad von Genauigkeit zu gewähren im Stande sind, und in der That ist dieser so bedeutend, daß sich dabei eine gewisse (freilich schon früher bemerkte) Unvollkommenheit der menschlichen Sinne störend bemerklich macht. Um Ihnen hiervon einen richtigen Begriff zu verschaffen, wollen wir annehmen, es seien zwei Meridianinstrumente hintereinander absolut genau aufgestellt und zwei Beobachter wollten den Augenblick bestimmen, in welchem ein bestimmter Stern ihren Meridian passirt, also hinter die Mittelfäden ihrer Instrumente tritt. Wenn beide Beobachter sich einer und derselben Uhr bedienen, deren Pendelschläge sie in Gedanken mit zählen, bis der Stern den Meridian passirt, so sollte man glauben, daß in dem angeführten Falle beide genau im nämlichen Augenblicke, bei demselben Pendelschlage, den Meridiandurchgang wahrnehmen müßten. Dies ist jedoch nicht der Fall. Vielmehr wird der eine Beobachter um einen gewissen Bruchtheil der Sekunde früher den Durchgang wahrnehmen als der andere, und diese Zeitdifferenz wird für beide, wenigstens eine Zeit lang, ziemlich konstant bleiben. Man hat gefunden, daß dieser Unterschied unter Umständen, selbst bei geübten Beobachtern, über $1/2$ Sekunde betragen kann, während die Genauigkeit der verschiedenen Bestimmungen jedes Einzelnen bis auf mehr als $1/10$ Sekunde steigt, also seine Beobachtungen, unter einander selbst verglichen, bis auf $1/10$ Sekunde übereinstimmen.

Jene große Abweichung, die sich für verschiedene Beobachter verschieden herausstellt, wird die persönliche Gleichung derselben genannt. Die Ursache derselben liegt darin, daß Gesicht und Gehör nicht absolut gleichzeitig thätig sein können und daß jeder Sinneseindruck, um zum Bewußtsein zu gelangen, einer gewissen Zeit bedarf, die bei verschiedenen Personen verschieden ist. Arago hat zuerst nachgewiesen, daß der aus der persönlichen Gleichung entspringende Unterschied in den Bestimmungen zweier Beobachter verschwindet oder wenigstens sehr klein wird, wenn beide blos den Antritt des Sternes an den Faden wahrzunehmen, nicht aber gleichzeitig die Uhrschläge zu beachten brauchen. Man hat daher besondere Apparate konstruirt, bei welchen der Moment des Sterndurchganges durch den Druck des Beobachters auf eine Klappe notirt wird. Durch diesen Druck wird nämlich ein elektrischer Strom hergestellt, der mit den Schreibapparaten eines Telegraphen in solche Verbindung gesetzt ist, daß sofort auf einem durch Uhrwerk bewegten Papierstreifen (auf dem die Uhr selbst ihren Gang durch Punkte bezeichnet) ein Eindruck erzeugt wird, der mit höchster Schärfe den Moment der Beobachtung zu messen gestattet.

Indessen ist auch diese Methode nicht absolut fehlerfrei, indem immerhin eine gewisse Zeit vergeht zwischen dem Eintreten einer Erscheinung und dem unmittelbar nach ihrer Wahrnehmung mittels eines Druckes der Hand gegebenen Zeichen. Dieses Zeitintervall ist sogar ziemlich beträchtlich. Hankel fand z. B. für die Zwischenzeit, bevor er im Stande war, auf die Wahrnehmung eines Tones durch den Druck mit der Hand ein Zeichen zu geben, eine Dauer von $^{1505}/_{10000}$ oder hinreichend genau von anderthalb Zehntel Sekunde. Die Abweichungen der zu verschiedenen Zeiten angestellten Beobachtungen von obigem Mittelwerthe erreichen nicht $^{1}/_{100}$ Sekunde. Bei den Untersuchungen war der erzeugte Ton kurz, scharf und ziemlich laut; verlor er diese Eigenschaften, so wurde die Zwischenzeit, in welcher die Druckbewegung mit der Hand ausgeführt ward, um $^{1}/_{100}$ bis $^{3}/_{100}$ Sekunde größer.

Um den Zeitraum zwischen dem Aufblitzen eines Lichtes und der Ausübung eines Druckes mit der Hand zu bestimmen, wurden zu verschiedenen Zeiten Beobachtungen nach zwei verschiedenen Methoden gemacht. Es ergab sich aus denselben als mittleres Zeitintervall $^{2075}/_{10000}$ oder nahe zwei Zehntel Sekunde. Diese Zwischenzeit ist größer als die oben gefundene, und Gleiches ergab sich auch, als Hankel eine andere Person zu Beobachtungen an seinem Apparate veranlaßte. Was die Konstruktion dieser Apparate im Allgemeinen anbelangt, so besitzen dieselben eine solche Einrichtung, daß unter Zuhülfenahme einer nach bekannten Gesetzen vor sich gehenden Bewegung eine Verwandlung des Zeitunterschiedes in einen Raumunterschied erfolgt. Bei dem von Hankel konstruirten Apparate besteht der bewegte Körper aus einem Paraffinringe, der in die kreisförmige Rinne einer 285 Millimeter im Durchmesser haltenden Messingscheibe eingegossen ist. Vor der rechten Seite des Paraffinringes befinden sich die Spitzen zweier Hebel, die durch zwei Elektromagnete in Bewegung gesetzt werden können und beim Vorwärtsschlagen einen schwachen Eindruck in der Paraffinmasse erzeugen. Der messingene Rand, welcher die Paraffinscheibe umgiebt, ist in ganze und halbe Grade eingetheilt und ein über dem höchsten Punkte des

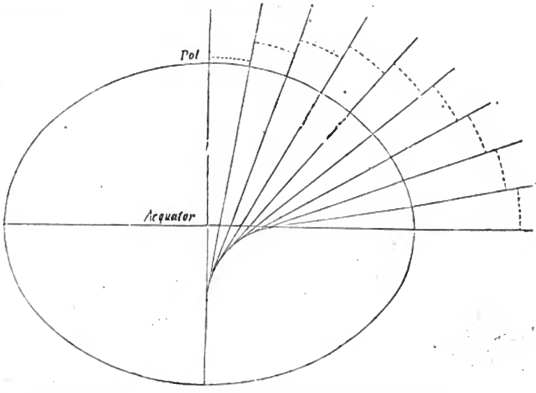
Randes befindlicher Nonius gestattet, noch Zehntel eines halben Grades zu messen. Durch ein großes, aus sorgfältig gearbeiteten messingenen Zahnrädern und Getrieben gebildetes Räderwerk kann die Scheibe in gleichförmige Umdrehung versetzt werden. Mittels einer sehr sinnreichen Einrichtung wird die Geschwindigkeit, mit welcher die Scheibe umläuft, durch den Apparat selbst verzeichnet. Bei der Umdrehung der Scheibe wird nämlich ein Hebel gehoben, der nach genau 30 Umläufen des Paraffinringes wieder herabfällt. An der Spitze dieses Hebels befindet sich ein Hammer, der beim Herabfallen einen scharfen kurzen Schlag giebt. An dem Hebel ist zugleich ein durch Elfenbein isolirtes Messingstück angebracht, durch welches zwei an den unteren Enden mit Platinspitzen versehene Schrauben hindurchgehen. Diese Platinspitzen tauchen beim Herabfallen in zwei mit Quecksilber gefüllte Vertiefungen, die mit den Polen einer galvanischen Kette in Verbindung stehen. Beim Herabfallen wird also diese Kette geschlossen. Der Strom derselben geht nun durch den einen Elektromagneten eines Registrirapparates und erzeugt mittels der Spitze eines durch den Elektromagneten in Bewegung gesetzten Hebels, auf einem durch ein Uhrwerk vorbeigeführten Papierstreifen einen Eindruck. Durch den zweiten, gleich neben dem ersten stehenden Elektromagneten dieses Registrirapparates fließt ein anderer Strom, der durch eine besondere Vorrichtung (einen sogenannten Krille'schen Unterbrecher), welche mit einer Sekundenuhr verbunden ist, jede Sekunde geschlossen und geöffnet wird. Die Spitze des zu ihm gehörigen Hebels erzeugt also auf dem zuvor erwähnten Papierstreifen jede Sekunde einen Eindruck. Aus den in nebeneinander liegenden Reihen befindlichen Eindrücken läßt sich die während 30 Umläufen des Paraffinringes verflossene Zeit bis auf wenige Hundertstel einer Sekunde bestimmen. Kehren wir jetzt wieder zu unserem eigentlichen Gegenstande zurück.

Unabhängig von der Messung der Erddimensionen kann man aus gewissen Beobachtungen die Größe der Abplattung unserer Erde ermitteln. Diese Beobachtungen beziehen sich auf die Bestimmung der Länge des sogenannten einfachen Sekundenpendels. Der Raum, den ein Körper in einer bestimmten Zeitdauer durchfällt, oder die Geschwindigkeit, welche er zu Ende dieser Zeitdauer besitzt, giebt ein Mittel an die Hand, die Intensität der Anziehungskraft, unter deren Einfluß der Körper eben jene Bewegung vollbringt, zu bestimmen.

Denken wir uns die Erde als vollkommene Kugel mit regelmäßiger Massenvertheilung im Innern und ohne Rotation um ihre Axe, so wird die Intensität ihrer Anziehungskraft auf alle Punkte ihrer Oberfläche gleich groß sein. Ein Körper wird in derselben Zeit überall gleich große Fallhöhen durchlaufen und seine Geschwindigkeit am Ende der nämlichen Zeitdauer allenthalben gleich groß sein. Denken wir uns ferner die Erde zwar noch ohne Rotation, aber an den Polen abgeplattet, so wird ihr Radius an den Polen am kürzesten, am Aequator am längsten sein. Die Schwere nimmt aber bei wachsender Distanz vom Mittelpunkte der Erde im Verhältniß des Quadrates der Entfernung ab. Daher wird auch die Geschwindigkeit, welche ein freifallender Körper am Ende einer gewissen Zeitdauer erreicht, an den Polen am größten, am Aequator am kleinsten sein. Nehmen wir nun schließlich an, die abgeplattete Erde rotire um ihre Axe,

so tritt hierdurch eine weitere Kraft auf, welche den Fall der Körper gegen den Aequator hin verzögert. Diese Kraft ist die Schwungkraft, die nämliche, welche die rasch geschwungene Schleuder spannt. Die Abplattung im Vereine mit der Rotation vermindern demnach auf der Erdoberfläche die anziehende Kraft der Schwere von den Polen zum Aequator hin und die Mathematik entwickelt die Gesetze, nach welchen aus der beobachteten Pendellänge an verschiedenen Orten der Erdoberfläche deren Abplattung gefunden werden kann. Zuletzt giebt es noch eine rein astronomische Methode, die Abplattung der Erde zu bestimmen. Gewisse Störungen der Mondbewegung hängen nämlich von der abgeplatteten Gestalt der Erde ab, und man kann aus der Größe jener Anomalien auf die Größe dieser Abplattung schließen. Indessen sind die auf diesem Wege erlangten Resultate ihrer ganzen Herleitung nach minder genau, als die durch Messungen an der Erdoberfläche ermittelten.

Ich habe Ihnen nun kurz die Wege angezeigt, auf welchen man zur Kenntniß der Erddimensionen zu gelangen vermag; betrachten wir jetzt die Arbeiten selbst, welche man in dieser Richtung unternommen hat.



Zunahme der Größe der Meridiangrade nach den Erdpolen hin.

Die erste genauere Gradmessung begann 1683 in Frankreich, aber sie lieferte aus verschiedenen Gründen bezüglich der Erdabplattung kein zufriedenstellendes Resultat. Dies führte zu dem Plane einer neuen und großartigen Messung, die gleichzeitig unter dem Aequator (in Peru) und unter dem nördlichen Polarkreise (in Lappland) ausgeführt wurde. Die Arbeiten begannen 1735 und führten zu dem Ergebnisse, daß die Länge eines Grades unter dem Aequator 56753 und unter dem Polarkreise 57437 Toisen betrage. Hieraus folgt, daß man im Norden einen längeren Weg zurücklegen muß, um gleiche Krümmung wie am Aequator zu erhalten, daß die Erde dort also weniger gekrümmt, flacher, d. h. abgeplattet ist. Gewisse Schriftsteller, welche keine

genügende Einsicht in die genaueren mathematischen Verhältnisse, welche hier maßgebend sind, besaßen, haben den umgekehrten Schluß gezogen und behauptet, daß, weil der Meridiangrad im Norden größer sei, als am Aequator, müsse die Erde an den Polen verlängert sein. Die Unrichtigkeit dieses Schlusses werden Sie aus Fig. S. 467 ersehen, welche den Durchschnitt durch ein sehr abgeplattetes Ellipsoid darstellt. Die 10 Linien, welche die Peripherie des oberen rechten Quadranten zeigt, stehen alle senkrecht auf der elliptischen Oberfläche und theilen jenen Quadranten in 9 gleich große Winkel von je 10 Grad. Sie sehen nun sofort aus der Figur, daß das Stück des elliptischen Bogens vom Aequator bis zur ersten normalen Linie kleiner ist, als das Stück zwischen der 9. und 10. Linie. Bei der Erde findet ganz das Gleiche statt, obgleich deren Abplattung so gering ist, daß sie bei einer Zeichnung in der Größe der vorstehenden Figur nicht sichtbar hervortreten könnte.

Bald nach jenen Messungen in Lappland und am Aequator wurden verschiedene in anderen Theilen der Erde ausgeführt, allein ihren Aufschwung nahmen die Gradmessungen erst, als zur Zeit der ersten französischen Revolution der Vorschlag auftauchte, ein allgemeines Weltmaß einzuführen, dessen Einheit nie mehr verloren gehen könne. Man wählte als solche den vierzigmillionten Theil des Erdumfanges und beschloß, dessen Größe durch eine neue Gradmessung ermitteln zu lassen, die an Ausdehnung und Genauigkeit alles bisher Dagewesene weit übertreffen solle. Diese Messung, welche 1792 begann, sollte sich von Dünkirchen bis Barcelona erstrecken, aber Biot und Arago führten sie noch weiter; bis zur Insel Formentera. Im Jahre 1806 waren die eigentlichen Gradmessungsarbeiten vollendet, die einen Bogen des Meridians von 12° 22′ 12.7″ umfassen. Fast um dieselbe Zeit begannen ausgedehnte Gradmessungen in England, Rußland und Ostindien, kleinere in mehreren europäischen Staaten und später auch am Kap der guten Hoffnung, sodaß Bessel im Jahre 1840 eine erschöpfende Diskussion der Erddimensionen auf Messungen stützen konnte, die zusammen einen Bogen von 50° 34′ umfaßten. Das Resultat dieser klassischen Arbeit war:

Halbmesser des	Aequators	3,272,077	Toisen,
„ „	Poles	3,261,139	„
„ „	Abplattung	$^1/_{299}$	„

Seitdem ist mehr als ein Drittel-Jahrhundert verflossen und die Zahl und Ausdehnung der Gradmessungen hat sich beträchtlich vermehrt. Eine neue Arbeit von Clarke, die sich auf einen Gesammtbogen von 77° 43′ stützt, lieferte folgende Werthe:

Halbmesser des	Aequators	3,272,537	Toisen,
„ „	Poles	3,261,134	„
„ „	Abplattung	$^1/_{286}$	„

Sie sehen, daß es sich zwischen den einzelnen Rechnungen für die Länge des ganzen Erddurchmessers nur um Abweichungen von höchstens ein paar Tausend Fuß handelt, weniger als die Länge einer mittelgroßen Straße.

Was die Bestimmung der Erdabplattung aus Pendelbeobachtungen anbelangt, so liegt von letzteren gegenwärtig eine so große Anzahl aus weit über die Erdoberfläche zerstreuten Orten vor, daß eine auf dieses gesammte Material

gegründete Untersuchung sehr zuverlässige Werthe für die Größe der Erdabplattung liefern muß. Eine solche Berechnung habe ich ausgeführt. Dieselbe lieferte als Werth für die Abplattung der Erde $^1/_{288 \cdot 9}$. Dieser Werth kommt dem aus dem größten Bogen der Gradmessungen abgeleiteten sehr nahe und fällt fast genau mit dem Verhältnisse ($^1/_{289}$) der Schwungkraft zur Schwere unter dem Aequator zusammen. Da nun auch mathematisch-mechanische Gründe von großem Gewicht dafür sprechen, daß der wahre Werth der Erdabplattung gleich diesem Verhältnisse sein müsse, so kann man $^1/_{289}$ als definitive Zahl für die Größe der Erdabplattung annehmen. Berechnet man nun unter Zuziehung der sämmtlichen Gradmessungen mit dieser Abplattung die Größe des Aequatorialhalbmessers der Erde, so findet man hierfür 3,272,766 Toisen. Läßt man die kleinen nur 1 oder 2 Grade umfassenden Meridiangradmessungen unberücksichtigt, so erhält man einen etwa 100 Toisen kleineren Werth. Gegenwärtig muß man annehmen, daß diese Zahlen der Wahrheit am nächsten kommen; genauere werden sich ermitteln lassen, wenn die große vom General Baeyer angeregte europäische Breitengradmessung ganz ausgeführt und die durch Struve's Betreiben ausgeführte Längengradmessung vom Ural bis zur Westküste Irlands berechnet sein wird. Nimmt man, wie üblich, den Umfang des Aequators zu 5400 Meilen an, so ergiebt sich bei einer Abplattung von $^1/_{289}$:

Durchmesser des Aequators .	1718,9 Meilen,
Polardurchmesser	1712,9 „
Gesammte Erdoberfläche . .	9,260,510 Quadratmeilen,
Rauminhalt der Erde . .	2,649,900,000 Kubikmeilen.

Sie sind jetzt mit mir dem Astronomen auf den verschiedenen Wegen gefolgt, auf welchen er nach und nach zu den genauen Resultaten für die Größe und Gestalt der Erde gelangte, welche ich Ihnen mitgetheilt habe. Ich muß Sie nun, ehe ich von Ihnen Abschied nehme, auffordern, mir noch einmal zu folgen auf jene Wege, auf denen es der Wissenschaft gelungen ist, das wichtige Problem der geographischen Ortsbestimmung, besonders auf der See, zu lösen. Ganz besonders für den Seeverkehr der Gegenwart ist es von der größten Wichtigkeit, daß der Schiffer stets genau weiß, wo er sich auf dem Meere befindet. Schon vor fast zweihundert Jahren sah man in England die Nothwendigkeit einer genauen Ortsbestimmung auf See so deutlich ein, daß das Parlament die Summe von 20,000 Pfd. Sterling Demjenigen versprach, der eine genaue Methode der Längenbestimmung auf See finden würde. Es handelte sich lediglich um die Längenbestimmung, weil, wie Sie von früher wissen werden, die geographische Breite verhältnißmäßig leicht gefunden werden kann. Die Schwierigkeit liegt ausschließlich darin, den Stand der Uhrzeit in einem und demselben Momente für zwei weit von einander liegende Orte zu kennen. Wir sind dieser Schwierigkeit schon oben bei Besprechung der Längenmessungen begegnet und haben gleichzeitig gesehen, wie sie gegenwärtig durch den elektrischen Telegraphen mit Glück überwunden wird. Telegraphische Verbindung besteht nur zwischen den wenigsten Orten, und vollends auf dem Meere, wo der Schiffer häufig in die Lage kommt, seine Länge bestimmen zu müssen, ist die besprochene Methode ganz unausführbar. Hier tritt die Methode der Längenübertragung durch

Chronometer ein. Denken wir uns, der Schiffer habe eine absolut genau gehende Uhr, die er vor seiner Abreise nach der Uhr einer Sternwarte, etwa Greenwich, stellte. Diese Uhr wird ihm nun in jedem Augenblicke die Zeit angeben, welche eben in Greenwich ist. Diese Zeit aber, mit der Fahrzeit an Bord des Schiffes (welche durch direkte Beobachtung der Sonne erhalten wird) verglichen, giebt jetzt sofort den Zeitunterschied gegen Greenwich, und da die Länge dieser Sternwarte schon bekannt ist, auch die geographische Länge, unter der sich das Schiff befindet. Nehmen wir an, ein Schiffer laufe aus der Themse, um nach New-York zu segeln; vorher habe er seinen Chronometer mit der Uhr der Greenwicher Sternwarte in der Nähe von London verglichen. Nachdem er mehrere Tage auf dem Atlantischen Ozeane gefahren, wünscht er seine Länge zu wissen. Zu diesem Zwecke mißt er die Höhe der Sonne, um daraus die wahre Uhrzeit an Bord seines Schiffes zu berechnen. Die Messung der Sonnenhöhe geschah in dem Augenblicke, als sein Chronometer 10 Uhr 16 Min. 30 Sek. zeigte. Die Berechnung ergiebt dem Schiffer, daß es in demselben Augenblicke an dem Orte, wo er sich befand, 8 Uhr 0 Min. 30 Sek. war. Der Zeitunterschied gegen Greenwich beträgt demnach 2 Stunden 16 Min., um welche Greenwich gegen die Schiffszeit voraus ist. Der Schiffer befindet sich also 34° westlich vom Meridiane von Greenwich. Dieses Verfahren ist sehr einfach, allein es setzt den Besitz einer genau gehenden Uhr voraus. Harrison (geb. 1693, gest. 1776) war der Erste, der eine derartige Uhr konstruirte, und erhielt dafür vom englischen Parlamente die Summe von 160,000 Thlrn. Gegenwärtig hat die Vervollkommnung der Chronometer einen so hohen Grad erreicht und gleichzeitig sind die Preise derselben verhältnißmäßig so billig geworden, daß jeder Seefahrer ein solches Instrument an Bord hat. Zwar gehen alle diese Uhren nie absolut genau, aber sie haben einen fast konstanten Gang, d. h. sie laufen täglich sehr nahe um den gleichen Betrag vor oder bleiben konstant um ein paar Sekunden zurück. Der Schiffer ermittelt diesen täglichen Gang vor seiner Abreise, indem er die Uhr während eines gewissen Zeitraumes mit der Uhr einer Sternwarte vergleicht. Ergiebt sich nun, daß sie täglich z. B. 10 Sekunden voreilt oder zurückbleibt, so weiß er nach 25 Tagen, daß er von den Angaben des Chronometers 10×25 Sekunden zu subtrahiren oder ebenso viel hinzu zu addiren hat, um die ganz genaue Greenwicher Zeit zu erhalten.

Bei großen Seereisen oder bei Landreisen durch weite, unbekannte Gegenden ist es aber immerhin wichtig, auch ein Mittel zu besitzen, den Gang des Chronometers kontrolliren zu können, denn diese feinen Instrumente sind nothwendig sehr empfindlich und die Ortsbestimmung müßte beträchtlich fehlerhaft werden, falls die Uhr ihren täglichen Gang plötzlich aus irgend einer Ursache um mehrere Sekunden änderte, ohne daß der Beobachter im Stande wäre, diese Abweichung zu erkennen.

Ein wichtiges Mittel zur Kontrollirung der durch Zeitübertragung mittels des Chronometers bestimmten Länge eines Ortes, sowie auch zur Längenbestimmung ohne Zeitübertragung durch Chronometer gewähren die Messungen der Winkelabstände des Mondes von gewissen Fixsternen. Nehmen wir an, daß zwei Beobachter, von denen der eine in London, der andere in Berlin ist, sich

verabredeten, an einem gewissen Tage nach ihrer Uhr den Moment aufzuzeichnen, wenn der Mittelpunkt des Mondes 1° von einem gewissen Sterne entfernt steht. Der Beobachter in London findet für diesen Moment 10 Uhr 1 Min. 10 Sek. nach Londoner Zeit, der Beobachter in Berlin hingegen 10 Uhr 53 Min. 8 Sek. nach Berliner Zeit. Hieraus würde für den Meridianunterschied zwischen Berlin und London 51 Min. 58 Sek. hervorgehen. Allein dieses Resultat ist nicht ganz streng, denn die beiden Beobachter befinden sich dem Monde gegenüber nicht unter den gleichen Verhältnissen, indem der Beobachter in Berlin den Mond in Bezug auf den Fixstern aus einer etwas anderen Richtung sieht, als derjenige in London. Um sich hiervon frei zu machen, muß vorher an den Beobachtungen eine Korrektion angebracht werden, durch welche sie so modifizirt werden, als habe sich der Beobachter im Erdmittelpunkte befunden, wo die erwähnte optische Verschiebung wegfallen würde. Wenn die genannten beiden Beobachter in Berlin und London diese Reduktion auf den Erdmittelpunkt berücksichtigen, so ergiebt sich als Meridiandifferenz zwischen London und Berlin 54 Min. 8 Sek. = 13° 32′.

In der angegebenen Weise ist das Verfahren für den Seefahrer freilich unbrauchbar, denn er muß die Beobachtung des zweiten Ortes sofort haben, wenn sie ihm überhaupt etwas nützen soll; dann würde es auch immer seine Schwierigkeiten haben, den Augenblick eines bestimmten Abstandes des Mondes von einem Sterne abzuwarten. Der Seefahrer muß jeden heiteren Augenblick benutzen können. Alle diese Schwierigkeiten werden durch die Mondtafeln, welche der Schiffer oder Reisende mit sich nimmt, beseitigt. Diese Tafeln geben für Jahre voraus den Abstand des Mondes von der Sonne und einer Anzahl hellerer Sterne für jeden Augenblick nach Greenwicher Zeit mit einer Genauigkeit an, welche die einer direkten Beobachtung sogar noch übertrifft. Findet z. B. der Seefahrer an einem gewissen Tage um 5 Uhr 13 Min. 30 Sek. Ortszeit den auf den Erdmittelpunkt reduzirten Abstand des Sonnen- und Mondcentrums zu 14° 15′, so lehrt ihn ein Blick in die Mondtafeln, daß dieselbe auf den Erdmittelpunkt reduzirte Distanz von Sonne und Mond in Greenwich um 7 Uhr 17 Min. 30 Sek. stattfindet, daß es demnach 7 Uhr 17 Min. 30 Sek. in Greenwich war, als die Zeit seines Schiffes 5 Uhr 13 Min. 30 Sek. betrug. Sonach befindet sich also das Schiff 2 Stunden 4 Min. = 31° westlich von Greenwich. Das sind die hauptsächlichsten Methoden zur Bestimmung der geographischen Länge; aber es hat der Anstrengungen von fast zwei Jahrhunderten bedurft, um sie soweit auszubilden, daß sie praktisch von Nutzen sein konnten. Viele Tausende fahren heutzutage auf den stattlichen Dampfern der Hamburger und New-Yorker Gesellschaften nach Amerika, ohne zu wissen, daß das Schiff auf dem endlosen Ozeane, wie ein Postwagen auf der Landstraße eine ganz genau vorgezeichnete Bahn durchläuft, sodaß der folgende Dampfer fast im Kielwasser des vorausfahrenden dahinbraust; und daß es das Licht der Wissenschaft ist, welches das stolze Schiff selbst in der Nacht des Ozeans zum sicheren Hafen leitet!

Und nun lassen Sie auch uns mit dem Schatze erweiterter Erkenntniß aus den Himmelsräumen und von den einsamen Meeresküsten dem Hafen zueilen.

Tragen Sie die fremde Welt mit all ihrem Reichthum in Ihr inneres

Leben hinein, lernen Sie aus jenen Sitten, regeln Sie Ihr eigenes Denken und Handeln nach jenen Gesetzen! Sichern Sie dann das Glück des Sehens, das Sie genossen, auch Andern! Helfen Sie die Nebel zerstreuen, welche den inneren Sinn der Menschen noch verhüllen, und der Schleier wird auch von den äußeren Sinnen mehr und mehr fallen. Schaffen Sie der Wissenschaft die Mittel und die Freiheit, immer kühner ihre Schwingen in den Himmel zu erheben!

Eine neue Welt hat sich Ihnen eröffnet. Ein Band des innigsten Interesses wird Sie fortan mit dieser Welt verknüpfen, und Sie werden Theil nehmen an den Ereignissen des Himmels, wie an den Siegeszügen der Wissenschaft auf diesen fernen Gebieten.

Alljährlich sendet die Wissenschaft, wie in die Wüsten und Sümpfe Innerafrika's oder Australiens, zu den Felsenhöhen des Himalaya oder in die eisige Nacht der Polarländer, so auch in die Tiefen des Himmels Forscher und Entdecker hinaus. Wenn der Hinausziehende bereits einen glänzenden Namen mit sich nimmt, dann harrt wol in ängstlicher Spannung die gebildete Welt seiner Heimkehr, wie den Berichten eines Barth oder Vogel, eines Schlagintweit oder Kane. Wenn ein Herschel oder Rosse ihre Riesenteleskope aufstellen, wenn ein Bessel oder Struve sich mit der Schärfe der Beobachtung und Rechnung zu einem Eroberungszuge in den Himmel rüsten, wenn ein Leverrier den wunderbar prophetischen Blick seiner Rechnung in das Leere versenkt, um das Unbekannte an seinen Wirkungen hervorzuziehen: dann verspricht man sich wol mit Recht von der Heimkehr solcher Forscher glänzende Siege für das Reich des Gedankens. Ich habe Ihnen bereits von manchem solcher Eroberungszüge der Wissenschaft berichtet und Ihnen die Denksteine am Himmel gezeigt, welche Namen und Thaten der Ewigkeit bewahren. Aber der Raum für solche Thaten ist noch unendlich groß; dem Auge ist hier noch viel zu erschließen und mehr noch dem Gedanken.

Eroberungszüge des wissenschaftlichen Geistes sind freilich anderer Natur, als die bescheidenen Wanderungen, auf denen ich Sie geleitete. Was Sie aus jener Ferne mit sich bringen, ist auch reicher Gewinn, aber vor Allem für Sie selbst, für Ihre Anschauung.

Schöner, reicher, heller entfaltet sich die Heimat vor Ihnen, erkannt im Lichte des Jenseits. Mit innigeren Banden als je werden Sie sich an sie geknüpft fühlen. Wenn aber einst wieder Tage kommen sollten, wo Sie vielleicht, um einem trüben Horizonte Ihres Lebens zu entfliehen, die Lust zu neuen Ausflügen in den Himmelsraum anwandelt, zu den Sternen, die unverlöschlich in Ihr Leben hinabstrahlen: dann werden Sie andere Begleiter finden, die Ihnen vielleicht noch weiter die Pforten des Himmels öffnen, Sie noch sanfter durch die unermeßlichen Räume tragen, noch anziehender in den fernen Oeden unterhalten werden! Gedenken Sie dann gleichwol freundlich dieser gemeinsam verlebten Stunden und des Führers, der Sie wenigstens gewissenhaft durch die Wunder des Himmels zu geleiten sich bestrebt hat.

Uebersichtstabellen.

Bahnelemente und Größenverhältnisse

der Planeten und ihrer Satelliten, der bemerkenswerthesten Kometen und Doppelsterne.

Tabelle I. Der Mond.

Siderische Umlaufszeit	27 Tage 7 St. 43′11″,5
Tropische Umlaufszeit	27 „ 7 „ 43′ 4″,7
Synodische Umlaufszeit	29 „ 12 „ 44′ 2″,9
Mittlere Länge am 0 Jan. 1800 Greenwicher Zeit	335° 43′ 26″,71
Mittlere tägliche tropische Bewegung	13°10′ 35″,028598
Excentrizität der Mondbahn	0,05490307
Länge des Perigäums	225° 23′ 53″,06
Länge des aufsteigenden Knotens	33° 16′ 31″,15
Neigung der Mondbahn gegen die Ekliptik	5° 8′ 40″,21
Neigung des Mondäquators gegen die Ekliptik	1° 32′ 9″
Wahrer Durchmesser des Mondes in Meilen	468
Wahrer Durchmesser des Mondes in Erddurchmessern	0,27
Horizontal-Parallaxe d. Mondes in mittlerer Entfernung	57′ 2,7″
Mittlere Entfernung des Mondes vom Mittelpunkt der Erde in Erdhalbmessern	60,26
Mittlere Entfernung des Mondes vom Mittelpunkte der Erde in geographischen Meilen	51795
Masse des Mondes im Verhältniß zur Erdmasse	1/80

Tabelle II. Die Jupitersmonde.

Mond.	Siderische Umlaufszeit.	Mittl. Entfernung vom Mittelpunkt d. Jupit. in Jupitershalbmessern.	Wahrer Durchmesser in Meilen.	Masse (die Jupitersmasse = 1)	Dichtigkeit (die der Erde = 1)
I.	1 Tage 18 St. 27′ 33″,506	6,05	509	0,00000173281	0,2
II.	3 „ 13 „ 14′ 36″,393	9,62	457	0,00000232355	0,4
III.	7 „ 3 „ 42′ 33″,362	15,35	746	0,00000884972	0,3
IV.	16 „ 16 „ 32′ 11″,27	27,00	639	0,00000426591	0,2

Tabelle III. Satelliten des Saturn.

Satellit.	Siderische Umlanfszeit. Tg.	St.	M.	S.	Mittl. Entfernung vom Mittelpunkt des Saturn in Saturnshalbmessern.
1. Mimas	0	22	36	18	3,14
2. Enceladus	1	8	53	3	4,03
3. Thetis	1	21	13	33	4,99
4. Dione	2	17	41	9	6,84
5. Rhea	4	12	25	11	9,55
6. Titan.	15	22	41	25	20,71
7. Hyperion	21	7	—	—	26,85
8. Japetus	79	7	54	—	64,4

Tabelle IV. Satelliten des Uranus.

Satellit.	Siderische Umlaufszeit. Tg.	St.	M.	S.	Mittl. Entfernung vom Mittelpunkt des Uranus in Bogensekunden.
1.	2	12	29	21	13,78
2.	4	3	23	7	19,20
3.	8	16	56	30	31,48
4.	13	11	7	7	42,10

Satellit des Neptun.

1	5	21	4	9	16,3

Tabelle V. Die Bahnelemente

Planet.	Mittlere Entfernung von der Sonne.	Excentrizität.	Siderische Umlaufszeit.	Mittlere tägliche tropische Bewegung.
Merkur . .	0,3870938	0,2056163	87,96846 Tage	14732,553 Sek.
Venus . . .	0,7233317	0,00686182	224,70078 "	5767,808 "
Erde . . .	1,0000000	0,01677120	365,25636 "	3548,330 "
Mars . . .	1,523691	0,0932168	686,97964 "	1886,656 "
Ariadne . .	2,1990	0,1575	1191,11 "	1088,20 "
Flora . . .	2,20139	0,156704	1193,01 "	1086,469 "
Harmonia .	2,26584	0,04608	1245,78 "	1040,45 "
Melpomene .	2,29554	0,217051	1270,35 "	1020,326 "
Victoria . .	2,33468	0,218255	1302,98 "	994,776 "
Euterpe . .	2,34642	0,173861	1312,82 "	987,322 "
Vesta . . .	2,36056	0,090181	1324,71 "	978,465 "
Urania . .	2,36559	0,126397	1328,95 "	975,345 "
Nemausa . .	2,3779	0,628	1339,34 "	967,77 "
Metis . . .	2,38541	0,123889	1345,68 "	963,218 "
Iris . . .	2,38673	0,230755	1346,80 "	962,419 "
Daphne . .	2,4003	0,2025	1358,34 "	954,25 "
Phocäa . .	2,40067	0,253126	1358,62 "	954,048 "
Massalia . .	2,40906	0,143680	1365,74 "	948,982 "
Hebe . . .	2,42519	0,201802	1379,48 "	939,621 "
Isis . . .	2,4339	0,2229	1386,91 "	934,59 "
Lutetia . .	2,43523	0,161634	1388,06 "	933,813 "
Fortuna . .	2,44304	0,158426	1394,75 "	929,340 "
Parthenope .	2,45185	0,099508	1402,29 "	924,340 "
Hestia . . .	2,4569	0,1226	1406,62 "	921,50 "
Thetis . . .	2,47330	0,127802	1420,73 "	912,343 "
Amphitrite .	2,55447	0,072500	1491,25 "	869,207 "
Asträa . . .	2,57651	0,189992	1510,58 "	858,086 "
Egeria . . .	2,57686	0,087084	1510,92 "	857,907 "
Pomona . .	2,58298	0,095624	1516,28 "	854,086 "
Irene . . .	2,58526	0,168713	1518,29 "	853,730 "
Kalypso . .	2,6129	0,1803	1542,70 "	840,22 "
Thalia . .	2,62588	0,235395	1554,21 "	834,001 "
Fides . . .	2,64215	0,174893	1568,70 "	826,313 "
Eunomia . .	2,64369	0,187899	1570,05 "	825,587 "
Virginia . .	2,6510	0,2872	1576,56 "	822,18 "
Proserpina .	2,65604	0,087522	1587,17 "	819,839 "
Juno . . .	2,66861	0,256535	1592,30 "	814,052 "
Nysa . . .	2,6769	0,4534	1599,70 "	810,29 "
Circe . . .	2,68830	0,108252	1609,98 "	805,126 "
Eugenia . .	2,6968	0,0914	1617,64 "	801,30 "
Leda . . .	2,73986	0,15557	1656,34 "	782,58 "
Atalante . .	2,74989	0,298171	1665,63 "	778,234 "
Ceres . . .	2,76577	0,079180	1680,05 "	771,545 "
Pallas . .	2,76953	0,239045	1683,48 "	769,971 "
Lätitia . .	2,77105	0,110813	1684,87 "	769,34 "
Bellona . .	2,77518	0,154507	1688,65 "	767,624 "
Polyhymnia .	2,86550	0,336806	1771,74 "	731,622 "
Aglaja . .	2,8894	0,1402	1793,99 "	722,55 "
Calliope . .	2,90950	0,101960	1812,72 "	715,093 "
Psyche . . .	2,92287	0,134634	1825,21 "	710,195 "
Leukothea .	2,97369	0,21650	1872,02 "	692,07 "
Pales . . .	3,0861	0,2377	1980,23 "	654,61 "
Doris . . .	3,1068	0,0771	2000,22 "	648,07 "

der Planeten.

Länge des Perihels.	Länge des aufsteigenden Knotens.	Neigung.	Epoche: mittlere Länge.	Epoche: mittlerer Mittag. B. Berlin, P. Paris, G. Greenwich.
72° 20′ 5″,8	45° 57′ 9″	7° 0′ 5″,9	112° 16′ 4″,8	1800 1. Jan. P.
128° 43′ 6″	74° 51′ 41″	3° 23′ 28″,5	146° 44′ 55″,8	1800 1. Jan. P.
100° 21′ 41″	— — —	0° 0′ 0″,2	99° 47′ 54″,7	1850 0. Jan. P.
332° 22′ 51″,2	47° 59′ 38″	1° 51′ 6″,2	233° 5′ 33″,9	1800 1. Jan. P.
277° 12′ —	264° 45′ —	3° 28′ —	232° 27′ —	1857 18. Mai B.
32° 54′ 28″	110° 17′ 49″	5° 53′ 8″	68° 48′ 32″	1848 1. Jan. B.
2° 2′ 16″	93° 32′ 28″	4° 15′ 48″	275° 5′ 31″	1857 31. Dez. B.
15° 14′ 7″	150° 0′ 53″	10° 9′ 4″	351° 41′ 32″	1852 31. Dez. B.
301° 52′ 59″	235° 29′ 28″	8° 23′ 6″	7° 41′ 4″	1850 31. Dez. B.
87° 48′ 30″	93° 42′ 1″	1° 35′ 33″	75° 3′ 36″	1854 1. Jan. B.
250° 46′ 10″	103° 23′ 39″	7° 8′ 17″	83° 55′ 15″	1856 14. Jan. B.
30° 49′ 41″	308° 12′ 0″	2° 5′ 57″	112° 24′ 17″	1856 27. Jan. B.
190° 13′ —	175° 38′ —	10° 15′ —	172° 37′ —	1858 2. März B.
71° 29′ 21″	68° 31′ 24″	5° 35′ 56″	294° 56′ 22″	1856 12. Juli B.
41° 23′ 12″	259° 44′ 39″	5° 27′ 56″	200° 41′ 2″	1857 19. April B.
230° 22′ —	180° 6′ —	15° 48′ —	202° 21′ —	1856 31. Mai B.
302° 37′ 22″	214° 3′ 40″	21° 36′ 5″	265° 22′ 25″	1853 1. Juli B.
98° 16′ 30″	206° 36′ 24″	0° 41′ 10″	54° 46′ 0″	1856 4. Nov. B.
14° 57′ 47″	138° 34′ 25″	14° 46′ 20″	24° 8′ 12″	1856 24. Jan. B.
317° 58′ —	84° 28′ —	8° 35′ —	276° 45′ —	1856 1. Juli B.
326° 43′ 52″	80° 28′ 28″	3° 5′ 22″	41° 45′ 40″	1853 2. Jan. B.
30° 47′ 53″	211° 26′ 33″	1° 32′ 28″	6° 12′ 27″	1852 5. Nov. B.
316° 6′ 5″	125° 2′ 51″	4° 37′ 1″	87° 38′ 0″	1856 23. Mai B.
344° 57′ —	181° 32′ —	2° 18′ —	319° 35′ —	1857 16. Aug. B.
259° 24′ 49″	125° 26′ 12″	5° 35′ 38″	205° 10′ 57″	1852 25. April B.
56° 13′ 42″	356° 22′ 51″	6° 8′ 0″	62° 2′ 58″	1856 24. Nov. B.
134° 35′ 36″	141° 24′ 49″	5° 19′ 35″	80° 56′ 3″	1849 31. Dez. B.
119° 45′ 7″	43° 17′ 34″	16° 32′ 14″	114° 56′ 11″	1856 19. Febr. B.
196° 8′ 40″	220° 48′ 26″	4° 42′ 18″	56° 7′ 42″	1854 31. Dez. B.
178° 51′ 11″	86° 49′ 1″	9° 6′ 44″	222° 1′ 24″	1851 11. Mai B.
94° 39′ —	143° 30′ —	5° 4′ —	169° 52′ —	1858 27. April B.
123° 11′ 57″	67° 55′ 2″	10° 13′ 59″	89° 5′ 4″	1852 31. Dez. B.
66° 4′ 28″	8° 9′ 37″	3° 7′ 11″	42° 5′ 4″	1855 16. Nov. G.
27° 51′ 46″	293° 54′ 51″	11° 44′ 0″	66° 52′ 51″	1853 3. Jan. B.
10° 29′ —	173° 30′ —	2° 48′ —	12° 1′ —	1857 5. Okt. B.
235° 16′ 30″	45° 53′ 20″	3° 35′ 39″	181° 21′ 41″	1857 20. März B.
54° 8′ 17″	170° 59′ 32″	13° 3′ 27″	341° 17′ 35″	1856 4. März B.
118° 49′ —	127° 6′ —	3° 53′ —	187° 23′ —	1857 15. Juni B.
149° 58′ 35″	184° 47′ 11″	5° 26′ 33″	193° 40′ 39″	1855 10. April B.
208° 17′ —	148° 20′ —	6° 35′ —	252° 29′ —	1857 8. Juli B.
100° 40′ 28″	296° 27′ 47″	6° 58′ 32″	112° 55′ 7″	1855 31. Dez. B.
4 2° 23′ 48″	359° 9′ 29″	18° 42′ 9″	36° 21′ 7″	1855 31. Dez. B.
1 49° 33′ 41″	80° 48′ 22″	10° 36′ 27″	97° 39′ 58″	1856 1. Juli B.
1 22° 3′ 50″	172° 38′ 20″	34° 42′ 37″	73° 17′ 0″	1856 21. Juni B.
2° 7′ 12″	157° 19′ 39″	10° 21′ 0″	146° 43′ 50″	1856 1. Jan. B.
1 22° 24′ 48″	144° 43′ 5″	9° 22′ 31″	159° 3′ 37″	1854 28. Febr. B.
3 40° 53′ 55″	9° 16′ 5″	1° 56′ 56″	23° 14′ 0″	1854 31. Dez. B.
3 06° 1′ —	4° 25′ —	5° 6′ —	349° 55′ —	1857 6. Okt. B.
56° 34′ 13″	66° 36′ 22″	13° 45′ 28″	224° 46′ 27″	1859 31. Dez. B.
12° 38′ 59″	150° 31′ 20″	3° 4′ 9″	51° 33′ 49″	1855 26. Nov. B.
1 98° 17′ —	356° 24′ 38″	8° 15′ 18″	197° 49′ 5″	1855 30. April B.
32° 49′ —	290° 27′ —	3° 8′ —	10° 29′ —	1857 31. Okt. B.
77° 12′ —	185° 14′ —	6° 30′ —	359° 4′ —	1857 31. Okt. B.

Bahnelemente

Planet.	Mittlere Entfernung von der Sonne.	Excentrizität.	Siderische Umlaufszeit.	Mittlere tägliche tropische Bewegung.
Europa . .	3,1352	0,1433	2027,65 Tage	639,30 Sek.
Hygiea . .	3,14937	0,100558	2041,43 „	634,986 „
Themis . .	3,15130	0,117303	2043,34 „	634,405 „
Euphrosyne .	3,15616	0,216012	2048,03 „	632,941 „
Jupiter . .	5,202767	0,0481621	4332,58480 „	299,26613 „
Saturn . .	9,538850	0,0561505	10759,21981 „	120,59250 „
Uranus . .	19,182390	0,0466108	30686,82055 „	42,37107 „
Neptun . .	30,036270	0,0087194	60125,21 „	21,69199 „

Tabelle VI. Jährliche Aenderung der Elemente der Planetenbahnen.

Planet.	Aenderung der Excentrizität.	der Länge des Perihels.	der Länge d. aufsteigenden Knotens.	der Neigung.
Merkur . .	+ 0,0000002053	+ 55″,52	+ 42″,70	+ 0″,075
Venus . . .	— 0,0000004800	+ 50″,60	+ 32″,86	+ 0″,038
Erde . . .	— 0,0000004135	+ 61″,67	— —	— —
Mars . . .	+ 0,0000009001	+ 66″,02	+ 27′86	— 0″,022
Jupiter . .	+ 0,0000012993	+ 56″,61	+ 36″,56	— 0″,201
Saturn . .	— 0,0000026893	+ 66″,89	+ 31″,37	— 0″,135
Uranus . .	— 0,0000002696	+ 53″,28	+ 18″,34	+ 0″,019
Neptun . .	+ 0,0000000616	+ 50″,82	+ 39″,54	— 0″,338

Tabelle VII. Größen- und Massenverhältnisse der größeren Planeten und Rotationsdauer.

Planet.	Masse in Theilen d. Sonnenmasse.	Durchmesser in Erddurchmess.	in geogr. Meilen.	Volumen (das Vol. der Erde = 1).	Dichtigkeit (die Dicht. der Erde = 1).	Rotation.
Merkur . .	1/4860000	0,390	671	0,059	1,22	24 St. 5′
Venus . .	1/401839	0,999	1717	0,996	0,903	23 „ 21′21″,93
Erde . . .	1/319500	1	1718,9	1	1	23 „ 56′ 4″
Mars . . .	1/2680337	0,519	892	0,140	0,958	24 „ 37′ 20″
Jupiter . .	1/1047,879	11,255	19294	1414	0,243	9 „ 55′27″
Saturn . .	1/3501,6	9,022	15507	735	0,140	10 „ 29′17″
Uranus . .	1/22600	4,343	7466	82	0,178	— —
Neptun . .	1/21000	4,887	8400	108	0,230	— —
Sonne . .	1	108	192700	1404928	0,252	25 Tage 12 St.

der Planeten.

Länge des Perihels.	Länge des aufsteigenden Knotens.	Neigung.	Epoche: mittlere Länge.	Epoche: mittlerer Mittag. B. Berlin, P. Paris, G. Greenwich.
98° 27′ —	129° 23′ —	7° 12′ —	141° 0′ —	1858 17. Febr. B.
227° 47′ 59″	287° 38′ 34″	3° 47′ 9″	354° 47′ 48″	1851 17. Sptr. B.
138° 2′ 48″	36° 12′ 39″	0° 49′ 3″	29° 57′ 30″	1856 25. Sptr. B.
93° 51′ 7″	31° 25′ 23″	26° 25′ 12″	53° 49′ 50″	1854 31. Dez. B.
11° 7′ 38″	98° 25′ 45″	1° 18′ 51″,6	81° 54′ 48″,6	1800 1. Jan. P.
89° 8′ 20″	111° 56′ 7″	2° 29′ 35″,9	123° 6′ 29″,2	1800 1. Jan. P.
167° 30′ 24″	72° 59′ 21″	0° 46′ 28″	173° 30′ 37″,6	1800 1. Jan. P.
47° 17′ 3″	130° 7′ 22″	1° 46′ 59″	341° 44′ 50″,3	1852 31. Dez. B.

Tabelle VIII. Die Bahnelemente der inneren Kometen.

Komet von	Länge des Perihels.	Länge des aufsteigenden Knotens.	Neigung.	Halbe große Axe.	Excentrizität.	Umlaufszeit.
Enke	157° 47′ 8″	334° 22′ 12″	13° 8′ 36″	2,214814	0,847828	1204 Tage
de Vico	342° 30′ 55″	63° 49′ 17″	2° 54′ 50″	3,102800	0,617635	1996 „
Winnecke	275° 25′ 24″	113° 33′ 4″	10° 48′ 17″	3,150000	0,750020	2032 „
Brorsen	116° 28′ 15″	102° 40′ 58″	30° 55′ 53″	3,146494	0,793388	2039 „
Tempel	236° 12′ 39″	101° 9′ 9″	6° 24′ 22″	3,18340	0,50908	2064 „
d'Arrest	322° 59′ 46″	148° 27′ 20″	13° 56′ 12″	3,461846	0,660881	2353 „
Biela	109° 2′ 20″	245° 54′ 39″	12° 34′ 53″	3,524522	0,757003	2417 „
Faye	49° 34′ 19″	209° 29′ 19″	11° 22′ 31″	3,811790	0,555962	2718 „
Bruhns	115° 50′ 56″	269° 3′ 4″	54° 24′ 30″	5,7377	0,82090	5020 „

Tabelle IX. Die wichtigsten Bahnelemente einiger Kometen von langer Umlaufszeit.

Entdecker und Entdeckungszeit des Kometen.	Halbe große Axe.	Aphel-distanz.	Excentrizität.	Umlaufszeit.	Berechner.
Halley's Komet 1759	17,9	35,3	0,9674	76 Jahr 1 M.	
Westphal . . 1852	16,32	31,99	0,9248	69	Marth.
Pons . . . 1812	17,095	33,418	0,9545	70,68	Enke.
Olbers . . . 1815	17,634	34,055	0,9312	74,05	Bessel.
de Vico . . . 1846	17,507	34,341	0,9621	73,25	Peirce.
Brorsen . . . 1847	17,779	35,070	0,9726	74,79	d'Arrest.
Flamsteed . . 1683	33,031	65,512	0,9832	187,8	Clausen.
Bremiker . . 1840	49,12	96,76	0,96985	344	Götze.
Brorsen . . . 1846	54,42	108,21	0,9884	401	Wichmann.
Komet von . 1807	143,86	286,07	0,9955	1714	Bessel.
Messier . . 1769	163,46	326,80	0,9992	2090	Bessel.

Elliptische Bahnelemente einiger Kometen von langer Umlaufszeit.

Entdecker und Entdeckungszeit des Kometen.		Halbe große Axe.	Aphel-distanz.	Excen-trizität.	Umlaufszeit.	Berechner.
Donati . . .	1858	152,3	304,0	0,9962	1880 Jahr	v. Asten.
Pons . . .	1827	189,62	379,10	0,9993	2611 „	Clüver.
Flaugergues .	1811	211,03	421,02	0,9951	3065 „	Bessel und Argelander.
Stierkomet von	1825	267,94	534,64	0,9954	4386 „	Hansen.
Pons . . .	1822	309,65	618,15	0,9963	5649 „	Enke.
Schweizer . .	1849	406,81	812,73	0,9978	8375 „	d'Arrest.
Großer Komet v.	1680	427,64	855,28	0,9999	8813 „	Enke.
Galle . . .	1840	577,11	1053,00	0,9979	13866 „	Plantamour.
Messier . . .	1780	1787,92	3974,88	0,99995	75838 „	Clüver.

Tabelle X. Berechnete Bahnelemente von Doppelsternen.

Doppelstern.	Umlaufszeit.	Halbe große Axe.	Excentrizität.
ξ des großen Bären	60,7 Jahre	2″,295	0,4037
γ der Jungfrau	169,5 „	3″,863	0,8806
Castor	996,8 „	7″,537	0,3438
3210 des Bradley'schen Kat. in der Kassiopeja	112,6 „	1″,310	0,5009
σ der Krone	478 „	3″,900	0,64207
ζ des Krebses	58,3 „	0″,892	0,44385
ω des Löwen	133,4 „	0″,954	0,3605
τ des Schlangenträgers	87 „	0″,8178	0,03746
ξ der Wage	105,5 „	1″,289	—
p des Schlangenträgers	96 „	5″,0	0,49353
ξ des Bootes	160,1 „	5″,591	0,4540
Piazzi's XV, 74 bei μ Bootis . .	458,7 „	3″,08	0,8775
λ des Schlangenträgers	122,5 „	0″,847	0,4772
η der Krone	67,3 „	1″,201	0,4043
α des Centauren	77 „	15″,5	0,950
δ des Schwans	415 „	2″,310	0,28583
ζ des Hercules	36,4 „	1″,254	0,44821

Sach- und Namen-Register.

Die Zahlen beziehen sich auf die Seitenzahlen des Buches. – Die mit gesperrter Schrift gedruckten Wörter sind Personen-Namen. Ein A. hinter einer Zahl bedeutet Abbildung, Tb. Tonbild, Cl. Chromolithographie.

Berichtigung von Druckfehlern.

Seite	8	Zeile	3 v. u.	Statt Haraklides lese man Heraklides.
„	14	„	1 v. o.	Vor dem ersten Worte „Astronom" sind die beiden im Druck ausgefallenen Worte „Sternwarte thätigen" zu ergänzen.
„	20	„	3 v. n.	In der Unterschrift zur Illustration ist statt „Sonnenraum" zu lesen „Weltenraum".
„	32	„	7 „	Statt „Algenib" lese man „Mirfok". — Zeile 8 streiche man das Komma hinter „Sterne".
„	33	„	9 v. u.	Statt „Lybi'sche" lese man „Liby'sche". Z. 15 v. u. statt „Meserthim" lese man „Mesarthim".
„	35	„	8 „	Statt „Augenblick" lese man „Anblick".
„	36	„	3 v. o.	Statt „Syrius" lese man „Sirius".
„	36	„	20 „	Statt „Parellelogramm" lese man „Parallelogramm".
„	44	„	14 v. u.	Hinter „Sichtbarkeit" ist das Wort „einander" einzuschalten.
„	47	„	21 „	Zwischen „Gelegenheit" und „des Auges" sind die Worte „der Betrachtung" einzuschalten.
„	54	„	6 „	Statt „Dominilus" lese man „Dominicus".
„	54	„	14 v. o.	Hinter „König" ist das Wort „Kasimir" einzuschalten.
„	74	„	18 „	Statt „Sonnenspektrums" lese man „Sonnenspektrum;" hinter „hier" ist „auf Seite 73" einzuschalten.
„	109	„	4 „	Als richtiges Zeichen des „Löwen" ist das Symbol ♌ einzusetzen.
„	110	„	4 „	Vor den Worten „in den einzelnen" ist das Wort „nicht" einzuschalten.
„	131	„	6 „	Statt „von" lese man „vor".
„	134	„	10 v. u.	Statt „1870—1900" lese man „1876—1900".
„	145	„	16 „	Statt „das" lese man „daß".
„	154	„	5 „	Statt „Zodialkallicht" lese man „Zodiakallicht".
„	169			In der Unterschrift zur Illustration ist einzuschalten: „I. Ocoanus procellarum".
„	172	„	16 v. o.	Statt „Krater" lese man „Karten."
„	179	„	20 v. u.	Statt „selenogenitisch" lese man „selenogenetisch".
„	194	„	18 v. o.	Statt „unsere" lese man „unseren".
„	195	„	2 v. u.	Statt „Ptotemäus" lese man „Ptolemäus".
„	216	„	3 v. o.	Statt „Chacorne" lese man „Chacornac".
„	216	„	3 „	Statt „vor" lese man „war".
„	242	„	19 „	Statt „jene" lese man „solche".
„	244	„	16 „	Hinter „Sonne" ist das Wort „nicht" einzuschalten.
„	251	„	4 v. o.	Statt „Aerl." lese man „Verl.".
„	266	„	1 „	Statt „Albani" lese man „Albany".
„	270	„	19 v. u.	Statt „bei dem" lese man „bei den".
„	275	„	9 „	Statt „Minuten" lese man „Minute".
„	294	„	7 „	Ferner S. 325 Z. 5 v. u. statt „Enke" lese man „Encke".
„	295	„	6 „	Statt „Hadley" lese man „Bradley".
„	319	„	1 v. o.	Statt „vorwurfsfrei" lese man „vorurtheilsfrei".
„	320	„	7 v. u.	Statt „Ae." lese man „Aa."
„	344	„	6 v. o.	Statt „Waldbrand" lese man „Weltbrand".
„	344	„	12 v. o.	Hinter „Lalande" ist das Wort „über" einzuschalten.
„	346	„	3 v. u.	Statt „einige Kanonenschüsse und ein Getöse" lese man „ein Getöse wie von Kanonenschüssen und".
„	350	„	1 „	Statt „Shepartit" lese man „Shepardit".
„	360	„	3 v. o.	Hinter 33¼ ist das Wort „Jahr" einzuschalten.
„	374	„	21 „	Statt „1640" lese man „1630".

Ende des Buches.